

(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
7. Januar 2010 (07.01.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/000836 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 23/02 (2006.01)

(74) Anwalt: MAIER, Daniel; Postfach 22 16 34, 80506
München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/058406

(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, CL, 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, LR, LS, LT, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Juli 2009 (03.07.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A1060/2008 4. Juli 2008 (04.07.2008) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): SIEMENS VAI METALS TECHNOLOGIES
GMBH & CO [AT/AT]; Turmstraße 44, A-4031 Linz
(AT).

(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, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) Erfinder; und

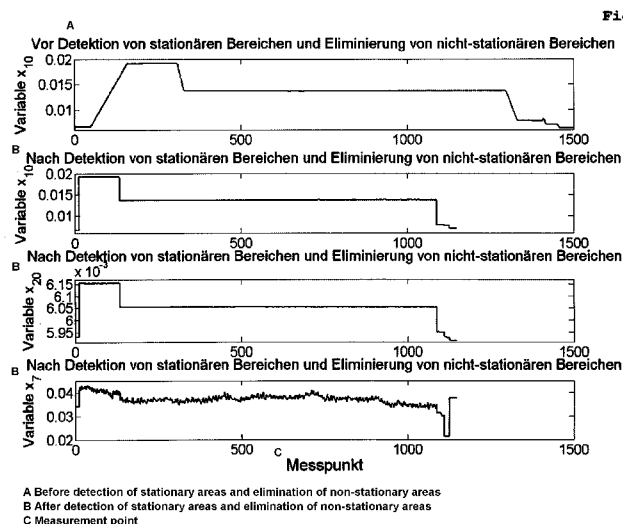
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): EFENDIC, Hajrudin
[BA/AT]; Hauptplatz 15-16/16, A-4020 Linz (AT). HO-
HENBICHLER, Gerald [AT/AT]; Mohnstraße 3,
A-4484 Kronstorf (AT). WINKLER, Stephan M.
[AT/AT]; Semleitnerweg 76, A-4111 Walding (AT).
SCHREMPF, Andreas [AT/AT]; Höhenstraße 21,
A-3340 Waidhofen an der Ybbs (AT).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MONITORING AN INDUSTRIAL PLANT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG EINER INDUSTRIEANLAGE



(57) Abstract: The invention relates to a method for monitoring plants, in particular complex plants in the iron and steel industry, comprising the steps of recording at least two channels of measurement data of a plant, optionally saving the measurement data, defining a target channel from the measurement data, pre-processing the measurement data, creating at least one model of the target channel based on the measurement data and using the model so generated and the currently determined measurement data for detecting erroneous states of the plant. The object of the invention is to provide a method for monitoring industrial plants which improves upon the quality of the recorded measurement data of the plant and which can significantly reduce the amount of measurement data without resulting in a significant loss of information. This object is accomplished in a method in which the measurement data are, in the measurement data pre-processing step, subjected to the processing steps of 1) detection and elimination of "null channels", 2) detection and elimination of outliers, 3) filtering, 4) downsampling.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/000836 A1



— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen von Anlagen, insbesondere komplexe Anlagen der Eisen- und Stahlindustrie, mit den Schritten Aufnehmen von mindestens zwei Kanälen von Messdaten einer Anlage, gegebenenfalls Abspeichern der Messdaten, Definition eines Zielkanals aus den Messdaten, Vorbehandlung der Messdaten, messdatenbasierte Bildung mindestens eines Modells des Zielkanals und Verwendung des so generierten Modells und aktuell ermittelter Messdaten zur Detektion von Fehlzuständen der Anlage. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Überwachung von Industrieanlagen zu schaffen, mit welchem die Qualität der aufgenommenen Messdaten der Anlage verbessert und die Größe der Messdaten stark reduziert werden kann, ohne dass es dadurch zu einem signifikanten Informationsverlust kommt. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem die Messdaten im Schritt Vorbehandlung der Messdaten den Verfahrensschritten 1) Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“, 2) Detektion und Eliminierung von Ausreißern, 3) Filterung, 4) Downsampling unterzogen werden.

Verfahren zur Überwachung einer Industrieanlage

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vorbehandlung von Messdaten zur Überwachung einer Industrieanlage.

Konkret betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Überwachen von Anlagen, insbesondere komplexe Anlagen der Eisen- und Stahlindustrie, mit den Schritten Aufnehmen von mindestens zwei Kanälen von Messdaten einer Anlage, gegebenenfalls Abspeichern der Messdaten, Definition eines Zielkanals aus den Messdaten, Vorbehandlung der Messdaten, messdatenbasierte Bildung mindestens eines Modells des Zielkanals und Verwendung des so generierten Modells und aktuell ermittelter Messdaten zur Detektion von Fehlzuständen der Anlage.

Rechnergestützte Verfahren zur Überwachung von Anlagen bzw. Prozessen sind dem Fachmann unter den Begriffen *Fault Diagnosis* oder *Fault Detection* (nachfolgend kurz FD) bekannt, siehe z.B. WO 02/086726 A1. Diese Verfahren zur Detektion von Fehlzuständen in komplexen Industrieanlagen beinhalten folgende Verfahrensschritte:

- a) Messdatenerfassung von mindestens zwei Kanälen einer Anlage,
- b) gegebenenfalls Abspeichern der Messdaten,
- c) Definition eines Zielkanals aus den erfassten Kanälen der Messdaten,
- d) gegebenenfalls Vorbehandlung der Messdaten,
- e) messdatenbasierte Bildung mindestens eines Modells des Zielkanals,
- f) Verwendung aktuell ermittelter Messdaten und des gebildeten Modells zur Berechnung eines simulierten Werts des Zielkanals,
- g) Detektion von Fehlzuständen durch das Vergleichen zwischen dem aktuellen und dem simulierten Wert des Zielkanals.

Moderne Industrieanlagen, beispielsweise Hochöfen oder Walzwerke, typischerweise mit einer großen Anzahl gekoppelter Einzelanlagen, sind hochkomplexe technische Systeme. Heute werden zur Überwachung dieser Anlagen bzw. Prozesse hunderte bis tausende Messsensoren durch ein Messdatenerfassungssystem permanent und in Echtzeit (z.B. mit einer Abtastzeit von 1 ms) erfasst und besondere relevante Daten dargestellt. Aufgrund der hohen Anforderungen an das Bedienpersonal wird bei komplexen Anlagen jedoch zunehmend FD eingesetzt, da diese Verfahren es erlauben, rechnergestützt Fehler in Anlagen zu detektieren und gegebenenfalls einen betroffenen Anlagenbereich zu identifizieren. FD wird außerdem in der Zustandsüberwachung, engl. *Condition monitoring*, von Industrieanlagen eingesetzt. Auch in diesem Fall wird eine Anlage mittels einer Vielzahl von Messsensoren überwacht und bei einer - sich beispielsweise aus einer Abnutzung von Komponenten ergebenden - Veränderung des Anlagenverhaltens selbsttätig eine Warnung oder Fehlermeldung generiert. Bei den Messdaten handelt es sich typischerweise um diverse Anlagen- bzw. Prozesszustände, welche von Sensoren ermittelt und meist in digitaler Form von einem Messdatenerfassungssystem aufgenommen werden. Unter einem Kanal von Messdaten versteht man eine Aneinanderreihung von Messwerten, die von einem Sensor aufgenommen wurden; unter einem Zielkanal versteht man einen Kanal der aufgenommenen Messdaten, welcher relevante Informationen über das Verhalten der Anlage enthält bzw. enthalten kann. In der einfachsten Form der FD wird ein, auf einen oder mehreren (ausgenommen ein Zielkanal) Kanälen von Messdaten der Anlage basierendes, Modell für den Zielkanal erstellt; mittels dieses Modells und in Abhängigkeit von aktuellen Messdaten werden die Werte eines simulierten Zielkanals durch einen Prozessrechner berechnet und mit aktuellen Messwerten des Zielkanals verglichen; bei signifikanten Abweichungen zwischen dem simulierten und dem gemessenen Zielkanal wird eine Fehlermeldung generiert.

In der Veröffentlichung

H. Efendic, L. del Re und G. Frizberg. Iterative Multi-Step Diagnosis Process for Engine Systems. Präsentiert beim SAE world congress, 11. bis 14. April, 2005. Detroit, Mich, USA.

5 wird auf die Bedeutung der Vorbehandlung von Messdaten, engl. *Data preprocessing*, im Zuge der FD hingewiesen. Konkret wird vorgeschlagen, die Messdaten zu filtern um Störungen in den Messdaten zu beseitigen und so die Leistungsfähigkeit von FD
10 zu verbessern.

Weitergehende Maßnahmen zur Vorbehandlung von Messdaten werden nicht angegeben.

15 Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Überwachung von Industrieanlagen zu schaffen, mit welchem die Qualität der aufgenommenen Messdaten der Anlage verbessert und die Größe der Messdaten stark reduziert werden kann, ohne dass es dadurch zu einem signifikanten Informationsverlust kommt.
20 Nachfolgend können, gegebenenfalls online - dh. durch einen der Anlage zugeordneten Prozessrechner mit gegebenenfalls geringer Leistungsfähigkeit, basierend auf diesen komprimierten Messdaten, sehr kompakte Modelle für die Detektion von Fehlzuständen der Anlage (FD) generiert werden,
25 welche sich auch für eine Anwendung auf günstigen Prozessrechnern mit vergleichsweise geringer Leistungsfähigkeit eignen und dennoch eine hohe Qualität bzgl. der Fehlererkennung aufweisen.

30 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem die Messdaten im Schritt Vorbehandlung der Messdaten den Verfahrensschritten

- 1) Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“,
 - 2) Detektion und Eliminierung von Ausreißern,
 - 35 3) Filterung,
 - 4) Downsampling
- unterzogen werden.

Da sog. „Null-Kanäle“, dh. Kanäle von Messdaten welche in allen Abtastzeitpunkten konstant 0 sind, keinerlei Information enthalten, werden diese Kanäle gelöscht und somit die Anzahl der relevanten Kanäle für die weiterfolgenden Schritte reduziert.

Bei der Detektion und Eliminierung von Ausreißern werden, beispielsweise bzgl. der Prozessführung ungerechtfertigte, Ausreißer in den Messdaten detektiert und anschließend eliminiert. Die Eliminierung eines Ausreißers erfolgt durch das Ersetzen eines Ausreißers durch einen Mittelwert des betroffenen Kanals.

Bei der Filterung werden die Messdatenkanäle, beispielsweise durch die Anwendung von Median Filtern, geglättet, wodurch z.B. Messrauschen reduziert und wie bei der Detektion und Eliminierung von Ausreißern die Qualität der Messdaten erhöht wird.

Beim Downsampling wird der Informationsgehalt eines Datenkanals vor dem Downsampling bestimmt und mit dem Informationsgehalt eines bzgl. der Abtastzeit veränderten Datenkanals verglichen. Ergibt sich durch das Downsampling, dh. durch eine Reduktion der Abtastfrequenz, keine signifikante Änderung des Informationsgehalts, so wird die Abtastfrequenz reduziert, wodurch eine starke Reduktion der Datenmenge (eine Reduktion der Abtastfrequenz um 50% reduziert die Datenmenge ebenfalls um 50%) möglich ist.

Vorteilhafterweise werden die Messdaten bei der Vorbehandlung der Messdaten den Verfahrensschritten in der Reihenfolge Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“, Detektion und Eliminierung von Ausreißer, Filterung und Downsampling unterzogen. Diese Reihenfolge resultiert in einer hohen Qualität der Messdaten und in einer hohen Effizienz des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In einer vorteilhaften Ausführungsform, werden die Messdaten, vorzugsweise nach dem Downsampling, einer Detektion von stationären Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen unterzogen, wodurch die Größe der Messdaten weiter reduziert und die Bildung von einfachen, statischen Prozessmodellen für eine nachfolgende FD ermöglicht wird.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform besteht darin, dass für unterschiedliche Zielkanäle die Schritte Definition eines Zielkanals aus den Messdaten, Vorbehandlung der Messdaten und messdatenbasierte Bildung mindestens eines Modells des Zielkanals pro Zielkanal jeweils mindestens 1 Mal durchgeführt werden und dabei gebildete Modelle bei der Detektion von Fehlzuständen der Anlage verwendet werden. Hierdurch wird eine besonders umfassende Überwachung der Anlage erreicht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform, werden für unterschiedliche Zielkanäle die Schritte Definition eines Zielkanals aus den Messdaten, Vorbehandlung der Messdaten und messdatenbasierte Bildung mindestens eines Modells des Zielkanals auf zumindest einem Prozessrechner parallel durchgeführt. Dadurch ist besonders im online Betrieb, dh. bei der Durchführung des Verfahrens auf einem der Anlage zugeordneten Prozessrechner, eine baldige Modellverfügbarkeit gegeben. Die Parallelisierung kann entweder durch mehrere Tasks bzw. Threads auf einem Prozessrechner erfolgen, und/oder durch Aufteilung auf mehrere Prozessrechner.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, enthält die Detektion und Eliminierung von Ausreißern einen univariaten und einen multivariaten Schritt. Der univariate Verfahrensschritt ist besonders dazu geeignet, vergleichsweise große Ausreißer in einem Kanal unabhängig von anderen Kanälen zu detektieren und zu eliminieren. Hingegen wird beim multivariaten Schritt der Abstand der Messwerte aller Kanäle zu einem Zeitpunkt zur Gesamtverteilung

ermittelt, wodurch auch schwer erkennbare Ausreißer detektiert und eliminiert werden können.

5 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform, werden die Messdaten einer Median Filterung unterzogen. Median Filter sind dem Fachmann bekannt und ermöglichen eine sehr effiziente Glättung von Signalen.

10 In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform, erfolgt das Downsampling der Messdaten unter Berücksichtigung der Transinformation, engl. *Auto-Mutual-Information*, zwischen einem Kanal vor und nach dem Downsampling. Hierdurch wird es möglich, die Abtastfrequenz in Abhängigkeit des Informationsverlusts durch das Downsampling zu reduzieren und
15 so eine optimierte Downsampling Rate einzustellen.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform besteht darin, dass die Detektion von stationären Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen unter Berücksichtigung von
20 statistischen Kennzahlen für die Variabilität erfolgt. Mittels dieser Maßnahme können stationäre Bereich einfach und sicher detektiert werden, was zu einer hohen Qualität der Modelle führt.

25 Vorteilhafterweise werden die Messdaten, bevorzugt nach dem Downsampling oder der Detektion von stationären Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen, einer Detektion und Eliminierung von redundanten Kanälen unterzogen. Mittels dieses Schritts wird die Anzahl der relevanten Kanäle weiter
30 reduziert; dabei können vollständige Redundanzen und gegebenenfalls auch Redundanzen, welcher sich aus einer Ableitung bzw. Integration eines Signals ergeben, berücksichtigt werden.

35 Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsbeispiele, wobei auf die folgenden Figuren Bezug genommen wird, die Folgendes zeigen:

Fig. 1 bis Fig. 4 Plots der Kanäle x_1 bis x_{20} der unveränderten Messdaten einer Anlage

Fig. 5 Plot eines Ausschnitts des Zielkanals x_{10} vor und nach dem Schritt Detektion und Eliminierung von Ausreißern

Fig. 6 Plot eines Ausschnitts des Zielkanals x_{10} vor und nach dem Schritt Filterung

Fig. 7 Plot eines Ausschnitts des Kanals x_{20} vor und nach dem Schritt Filterung

Fig. 8 Schematische Darstellung des Downsamplings

Fig. 9 Plot des Zielkanals x_{10} vor und nach dem Schritt Downsampling

Fig. 10 Darstellungen der Auto-Mutual-Information und der skalierten Auto-Mutual-Information in Abhängigkeit der

Downsampling Rate

Fig. 11 Plot des Zielkanals x_{10} und der dazu redundanten Kanäle x_{11} , x_{13} und x_{14}

Fig. 12 Plot des Zielkanals x_{10} und des redundanten Kanals x_{13}

Fig. 13 Plot des Zielkanals x_{10} vor und nach dem Schritt

Detektion von stationären Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen und der Kanäle x_{10} , x_{20} und x_7

Fig. 14 Ein Flussdiagramm der wichtigsten Verfahrensschritte

Im Folgenden wird aus Gründen der Übersichtlichkeit von 20

Datenkanälen (Kanalanzahl $n=20$) und 19498 Messwerten pro

Kanal (Anzahl der Messwerte $m=19498$) ausgegangen; die Daten wurden von einem Messdatenerfassungssystem in einem Walzwerk aufgenommen (reale Messdaten sind meist deutlich größer, z.B. $n=400$, $m=1500000$). MD zeigt symbolisch eine Matrix der

Messdaten mit Dimension 19498×20 . Ein Messwert $x_{i,j}$ stellt den i -ten Messwert des j -ten Datenkanals der Messdaten dar.

$$MD = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \cdots & x_{1,19} & x_{1,20} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \cdots & x_{2,19} & x_{2,20} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{19497,1} & x_{19497,2} & \cdots & x_{19497,19} & x_{19497,20} \\ x_{19498,1} & x_{19498,2} & \cdots & x_{19498,19} & x_{19498,20} \end{bmatrix}$$

Bei den Messdaten handelt es sich beispielsweise um Signale von Druck-, Kraft-, Weg-, Geschwindigkeits-, Beschleunigungs- oder Temperatursensoren, welche für eine nachfolgende Verwendung in einem FD Verfahren aufgenommen wurden.

5

Als Zielkanal wurde der Kanal x_{10} ausgewählt (zehnte Spalte von MD). In den Fig. 1 bis 4 sind die Kanäle x_1 bis x_{20} graphisch über dem Messdatenindex dargestellt.

10 1) Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“

Bei der Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“ werden jene Kanäle aus den Messdaten eliminiert, bei denen sämtliche Messwerten 0 sind. Dadurch wird die Anzahl der Kanäle

15 reduziert.

Ein „Null-Kanal“ liegt vor, wenn für einen Kanal, dh. für einen Spaltenvektor von MD, gilt

$$x_i = 0 \text{ mit } i = 1 \dots m$$

20

Vom erfindungsgemäßen Verfahren wurden die Kanäle 9 und 17 als Null-Kanäle identifiziert und eliminiert. Die Dimension der Messdatenmatrix nach dem Schritt Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“ beträgt 19498×18 , dh. die

25 Datenmenge wurde auf 90% reduziert.

Anschließend wird eine univariate und gegebenenfalls eine multivariate Detektion und Eliminierung von Ausreißern durchgeführt.

30

2a) Univariate Detektion und Eliminierung von Ausreißern

Zuerst werden die einzelnen Kanäle, dh. die einzelnen Spalten der Messdatenmatrix, einer univariaten, dh. basierend auf nur einem Kanal, Detektion und Eliminierung von Ausreißern

35 unterzogen. Dabei werden „große“ Ausreißer eliminiert.

Die Detektion von Ausreißern kann auf zwei Arten durchgeführt werden:

i) Globale Detektion und Eliminierung von Ausreißern

5

Da die Durchführung des Verfahrensschritts an einem Kanal der Messdatenmatrix MD nicht übersichtlich gezeigt werden kann, wird folgender Vektor x eines Kanals von Messdaten mit $m=10$ Elementen verwendet $x = [1 \ 2 \ 3 \ 10 \ 5 \ 4 \ 3 \ 2 \ 1 \ 0]^T$. Der Durchschnitt und die empirische Standardabweichung des Vektors x betragen

10

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i = 3,1$$

$$s = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 = 2,86$$

Nun wird für jeden Messwert x_i das Testkriterium $G = \left| \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right|$

berechnet. Beim einseitigen Test liegt ein Ausreißer vor,

15

wenn $G > \frac{m-1}{\sqrt{m}} \sqrt{\frac{t_{\alpha/m, m-2}^2}{m-2 + t_{\alpha/m, m-2}^2}}$, beim zweiseitigen Test lautet das

Kriterium $G > \frac{m-1}{\sqrt{m}} \sqrt{\frac{t_{\alpha/(2m), m-2}^2}{m-2 + t_{\alpha/(2m), m-2}^2}}$. Nachfolgend wird z.B. ein

einseitiger Test angewendet, mit $\alpha=0.05$, $t_{\alpha/m, m-2} = t_{0.005, 8} = 3,35$ der obere kritische Wert der t-Verteilung bei einer

Signifikanzschwelle von α/m und $m-2$ Freiheitsgraden (siehe

20

Tab. IX, Anhang E1 „Tabellen“ in H. Rinne. Taschenbuch der Statistik, 4. Auflage, 2008).

Da für den Wert $x_4=10$ das einseitige Testkriterium $G=2,41$ größer als der Grenzwert von 2,18 ist, liegt ein Ausreißer vor; folglich wird x_4 durch den Mittelwert $\bar{x}=3,1$ ersetzt.

25

Dieses Verfahren wird nun für jeden Kanal solange durchgeführt, bis keine weiteren Ausreißer mehr vorliegen.

ii) Lokale Detektion und Eliminierung von Ausreißern

30

Da bei großen Datenmengen eine globale Bestimmung und Eliminierung von Ausreißern zu aufwändig ist, wird vorteilhafterweise ein lokales Verfahren verwendet. Dabei wird ein Kanal mittels eines Betrachtungsfensters, engl.

- 5 *Sliding window*, mit NAUS Elementen auf Ausreißer untersucht und aufgefundene Ausreißer durch einen lokalen Durchschnitt $\bar{x}_{\text{lokal}}$ innerhalb des Betrachtungsfensters ersetzt.

$$x = \left[\cdots 1 \quad \underbrace{2 \quad 3 \quad 10 \quad 5 \quad 4 \quad 3 \quad 2 \quad 1}_{\text{Betrachtungsfenster mit NAUS Elementen}} \quad 0 \cdots \right]^T$$

$$\bar{x}_{\text{lokal}} = 3,1$$

$$s_{\text{lokal}} = 2,86$$

10

Die Prüfung auf Ausreißer erfolgt analog zum globalen Verfahren, beschränkt sich jedoch auf das Betrachtungsfenster.

- 15 Nach der Durchführung der Detektion und Eliminierung von Ausreißern liegt wiederum eine Messdatenmatrix vor, welche frei von univariaten Ausreißern ist, aber noch die ursprüngliche Dimension aufweist.

- 20 In Fig. 5 ist der Zielkanal x_{10} vor und ein Ausschnitt des Zielkanals nach der lokalen Detektion und Eliminierung von univariaten Ausreißern (NAUS=10, $\alpha=0,05$) dargestellt. Die Detektion und Eliminierung von Ausreißern wird auf alle Kanäle angewendet.

25

2b) Multivariate Detektion und Eliminierung von Ausreißern

Dieser Verfahrensschritt kann im Anschluss an die univariate Detektion und Eliminierung von Ausreißern durchgeführt werden. Dabei werden etwaige Ausreißer aufgrund der sog. Mahalanobis-Distanz oder des Abstands aufgrund der sog. Hauptkomponentenanalyse (engl. *Principal component analysis*) eines Messwertvektors x (ein Zeilenvektor der Messdatenmatrix) von der Gesamtverteilung detektiert.

30

Aufgefundene Ausreißer werden markiert und durch lokale Mittelwerte ersetzt.

Die Mahalanobis-Distanz als auch die Hauptkomponentenanalyse sind z.B. bekannt aus

Mei-Ling Shyu, Shu-Ching Chen, Kanoksri Sarinnapakorn, and LiWu Chang, "A Novel Anomaly Detection Scheme Based on Principal Component Classifier," Proceedings of the IEEE Foundations and New Directions of Data Mining Workshop, in conjunction with the Third IEEE International Conference on Data Mining (ICDM'03), pp. 172-179, November 19-22, 2003, Melbourne, Florida, USA.

Die Berechnung der Mahalanobis-Distanz d ist weiters aus Kapitel D3.1 „Distanzmessung“ aus Rinne bekannt. Das Quadrat der Mahalanobis-Distanz (Abstand eines Messwertvektors x vom Zentrum der Verteilung) ist definiert als

$$d^2 = \sum_{i=1}^p \frac{y_i^2}{\lambda_i} = \frac{y_1^2}{\lambda_1} + \frac{y_2^2}{\lambda_2} + \dots + \frac{y_p^2}{\lambda_p},$$

wobei

$$y_i = e_i(x - \bar{x})^T$$

p Rang der Kovarianzmatrix

x Messwertvektor (Zeilenvektor der Messdatenmatrix)

$\bar{x}$ Mittelwert aller Messwerte

e_i i -ter Eigenvektor der Kovarianzmatrix

λ_i i -ter Eigenwert der Kovarianzmatrix

Anschließend werden die Indizes i der $N = \gamma \cdot m$ größten Distanzen d^2 notiert und jeder Messwert $x_{i,j}$ mit $n \geq j \geq 1$ durch einen lokalen Mittelwert $\hat{x}_{i,j} = \frac{x_{i-1,j} + x_{i+1,j}}{2}$ ersetzt. Dabei ist γ ein frei wählbarer Parameter, beispielsweise $\gamma = 0.005$.

Anschließend wird eine Hauptkomponentenanalyse der Messdaten durchgeführt. Bei der Hauptkomponentenanalyse werden die Hauptkomponenten der Messdatenmatrix, dh. die Eigenwerte und Eigenvektoren, entweder über eine Eigenwertanalyse oder eine

SVD (engl. *Singular value decomposition*) der Kovarianzmatrix berechnet.

Ein Messwert x ist ein Ausreißer, wenn $\sum_{i=1}^q \frac{y_i^2}{\lambda_i} \geq \chi_q^2(\alpha)$, wobei

- 5 $y_i = e_i(x - \bar{x})^T$ und $q < p$
 p Rang der Kovarianzmatrix
 x Messwertvektor (Zeilenvektor der Messdatenmatrix)
 $\bar{x}$ Mittelwert aller Messwerte
 e_i i -ter Eigenvektor der Kovarianzmatrix
10 λ_i i -ter Eigenwert der Kovarianzmatrix
 $\lambda_1 > \lambda_2 > \dots > \lambda_p > 0$
 χ_q^2 Oberer kritischer Wert der Chi-Quadrat Verteilung mit
Signifikanzwert α und q Freiheitsgraden.

- 15 Wie bei der Anwendung der Mahalanobis Distanz, werden
Ausreißer durch lokale Mittelwerte ersetzt.

3) Filterung

- 20 Bei der Filterung der Messdaten werden beispielsweise
Rauschen oder andere Störsignale aus einzelnen Kanälen der
Messsignale entfernt. Dabei wird beispielsweise ein Median
Filter mit einem Betrachtungsfenster der Größe N (als
Filterordnung bezeichnet) verwendet.

- 25 Bei der Filterung wird jeder Messwert x_k eines Kanals durch

$$\tilde{x}_k = \begin{cases} \text{Mittelwert}(x_{k-(N-1)/2}, \dots, x_{k+(N-1)/2}) & \text{für ungerade } N \\ \text{Mittelwert}(x_{k-N/2}, \dots, x_{k+N/2}) & \text{für gerade } N \end{cases}$$
ersetzt.

- 30 Geht man beispielsweise von einem Filter zweiter Ordnung und
einem Vektor $x = [1 \ 2 \ 3 \ 3,1 \ 5 \ 4 \ 3 \ 2 \ 1 \ 0]^T$ aus, so lautet der
gefilterte Vektor $x_{Filt} = [1 \ 2 \ 2,7 \ 3,7 \ 4 \ 4 \ 3 \ 2 \ 1 \ 0]^T$.

In der Fig. 6 ist ein Ausschnitt des Zielkanals x_{10} und in Fig. 7 ein Ausschnitt des Kanals x_{20} vor und nach der Filterung mit $N=10$ dargestellt.

5 4) Downsampling

Das Downsampling der Messdaten wird unter Berücksichtigung der Transinformation (engl. *Auto-Mutual information*, vgl. Kapitel 3.3.1.3 „Entropie-orientierte Maße“ aus Rinne) $AMI(\tau)$ zwischen einem Kanal vor dem Downsampling und demselben Kanal nach dem Downsampling durchgeführt. Die Transinformation $AMI(\tau)$ berechnet sich aus

$$H(A) = - \sum_{i=1}^k p(a_i) \cdot \log_2 p(a_i) \quad \text{Entropie des Kanals A vor Downsampling}$$

$$H(\tilde{A}) = - \sum_{j=1}^l p(\tilde{a}_j) \cdot \log_2 p(\tilde{a}_j) \quad \text{Entropie des Kanals A nach Downsampling}$$

$$H(A, \tilde{A}) = - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l p(a_i, \tilde{a}_j) \cdot \log_2 p(a_i, \tilde{a}_j) \quad \text{Entropie der gemeinsamen Verteilung}$$

$$AMI(\tau) = H(A) + H(\tilde{A}) - H(A, \tilde{A}) \quad \text{Transinformation zwischen A und } \tilde{A}$$

15 In Fig. 8 ist schematisch der Effekt des Downsamplings dargestellt; eine Downsampling Rate von $\tau=i$ bedeutet, dass nur mehr jeder i -te Wert des ursprünglichen Signals verwendet wird.

20 Für jede Downsampling Rate $\tau=i$ mit $i \in [\tau_{\min}, \tau_{\max}]$ wird die zugehörige Transinformation $AMI(\tau)$ berechnet. Die optimale Downsampling Rate, dh. jenes τ , bei der bei größtmöglicher Datenreduktion möglichst wenig Information verloren geht, ist das erste lokale Minimum von $AMI(\tau)$, dh.

25 $AMI(\tau-1) > AMI(\tau) < AMI(\tau+1)$. Kann ein derartiges Minimum nicht gefunden werden, so bedient man sich einer skalierten

Transinformation $AMI(\tau)^* = AMI(\tau) + e^{\frac{\tau}{\tau_{\text{Faktor}}}} - 1$, sodass ein lokales Minimum aufgefunden werden kann. Der Faktor τ_{Faktor} ist ein Skalierungsfaktor und kann geeignet gewählt werden.

In Fig. 9 ist der Zielkanal vor und nach dem Downsampling dargestellt, selbstverständlich wird jedoch bei allen Kanälen das Downsampling angewendet. Die verwendete Downsampling Rate ist $\tau=13$, dh. die Datenmenge der Messdaten wurde auf 1/13 reduziert. In Fig. 10 ist weiters die Transinformation $AMI(\tau)$ und die skalierte Transinformation $AMI(\tau)^*$ über τ dargestellt (verwendeter Parameter $\tau_{\text{Faktor}}=500$).

Durch das Downsampling wurde die Messdatenmatrix auf 6,9% der ursprünglichen Datenmenge reduziert.

5) Detektion und Eliminierung von redundanten Kanälen

Mittels dieses Verfahrensschritts werden vollständig redundante Kanäle in den Messdaten identifiziert und anschließend eliminiert, wodurch die Kanalanzahl reduziert wird. Hierzu wird ein Betrachtungsfenster mit Größe NRED verwendet, welches paarweise auf den Zielkanal $X=x_{10}$ und einen weiteren, vom Zielkanal verschiedenen Kanal Y angewendet wird. Innerhalb des Betrachtungsfensters wird ein Redundanzsignal (Kreuzkorrelation zwischen dem Zielkanal X und Y innerhalb des Betrachtungsfensters) errechnet, mit $RED(i) = corr(X_{\text{lokal}}, Y_{\text{lokal}})$.

$$X_{\text{lokal}} = x_{i-NRED/2:i+NRED/2}$$

$$Y_{\text{lokal}} = y_{i-NRED/2:i+NRED/2}$$

Ist das Redundanzsignal für alle Indizes i , $RED(i) > RED_{\text{Schranke}}$, mit beispielsweise $RED_{\text{Schranke}}=0,95$ oder $0,98$, so ist der Kanals Y bzgl. des Zielkanals X redundant und es kann der Kanal Y eliminiert werden.

In Fig. 11 sind die zum Zielkanal x_{10} redundanten Kanäle x_{11} , x_{13} und x_{14} dargestellt; in Fig. 12 sind der Zielkanal x_{10} und der Kanal x_{13} in einem Plot dargestellt (verwendete Parameter $RED_{\text{Schranke}}=0,98$, $NRED=150$). Die redundanten Kanäle werden aus der Messdatenmatrix gelöscht. Es soll aber bemerkt werden, dass ein redundanter Kanal zu einem Zielkanal bereits auch

ein einfaches Modell des Zielkanals darstellt, der für eine Fehlerdetektion benutzt werden kann. Durch die diesen Verfahrensschritt wurde die Messdatenmatrix auf 5,89% der ursprünglichen Datenmenge reduziert.

5 Bei der Detektion und Eliminierung von Redundanzen, welche sich aus einer Ableitung bzw. Integration eines Zielkanals ergeben, geht man im Wesentlichen wie oben vor, jedoch wird eine numerische Ableitung bzw. Integration des Kanals Y
10 durchgeführt, bevor das des Redundanzsignal RED(i) berechnet wird.

6) Detektion von stationären Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen

15 Mittels dieses Verfahrensschritts sollen im Wesentlichen konstante Betriebspunkte aus den Messdaten identifiziert werden. Hierzu wird ein Betrachtungsfenster mit Größe NVAR verwendet, welches auf den Zielkanal angewendet wird. Mittels
20 dieses Fensters wird zu einem Index i des Zielkanals ein Variabilitätssignal VAR(i) errechnet, mit
$$VAR(i) = |\max X_{\text{lokal}} - \min X_{\text{lokal}}|.$$

$$X_{\text{lokal}} = x_{i-NVAR/2:i+NVAR/2}$$

$$Y_{\text{lokal}} = y_{i-NVAR/2:i+NVAR/2}$$

25 Ist die Variabilität an der Position i VAR(i) kleiner als ein Teil x der maximalen Variabilität, dh. $VAR(i) < VAR_{\text{Schranke}}$ mit $VAR_{\text{Schranke}} = x \cdot \max VAR(i)$, so wird dieser Bereich als stationär angesehen. Selbstverständlich können auch andere statistische
30 Kenngrößen, z.B. die Standardabweichung, für die Variabilität verwendet werden.

In Fig. 13 ist der Zielkanal x_{10} vor und nach der Detektion von stationären Bereichen und der Eliminierung von nicht-
35 stationären Bereichen dargestellt (Parameter NVAR=30, $x=0.2$). Weiters sind die Kanäle x_{20} und x_7 dargestellt. Wie dargestellt, weist Kanal x_{20} eine ähnliche Dynamik wie der

Zielkanal auf und wäre im Sinne einer - hier nicht näher erläuterten Modellbildung - ein interessanter Kandidat für ein einfaches statisches Modell. Der Kanal x_7 weist im Gegensatz dazu eine völlig andere Dynamik als x_{10} auf und
5 wäre daher wenig für eine Modellbildung geeignet.

Durch diesen Verfahrensschritt wurde die Messdatenmatrix auf 4,4% der ursprünglichen Datenmenge reduziert.

10 Die resultierende Messdatenmatrix ist die Basis für eine anschließende Bildung mindestens eines Modells für den Zielkanal. Ein der Anlage zugeordneter Prozessrechner berechnet anhand aktuell ermittelter Messdaten der Anlage und des generierten Modells einen simulierten Zielkanal, welcher
15 für den Vergleich zwischen dem simulierten und dem gemessenen Zielkanal verwendet wird. Bei signifikanten Abweichungen zwischen diesen beiden Kanälen, wird eine Warnung bzw. eine Fehlermeldung generiert. Besonders umfassend lässt sich die Detektion von Fehlzuständen einer Anlage dann durchführen,
20 wenn nicht nur ein Modell eines Zielkanals erstellt wird, sondern für unterschiedliche Zielkanäle jeweils mindestens 1 Modell für den jeweiligen Zielkanal gebildet wird und dabei gebildete Modelle bei der FD verwendet werden. Weiterführende Schritte, wie z.B. die Identifikation oder die Isolierung von
25 Fehlern, können z.B. der Veröffentlichung

H. Efendic, A. Schrempf und L. del Re. Data based fault isolation in complex measurement systems using models on demand. Präsentiert bei der Safeprocess conference, Juni,
30 2003. Washington, DC, USA.

entnommen werden.

Fig. 14 zeigt in einem Flussdiagramm die wichtigsten Verfahrensschritte bei der Vorbehandlung der Messdaten.

Hierbei werden mindestens zwei Kanäle von Messdaten (z.B. von unterschiedlichen Sensoren, wie Druck-, Temperatur-,

5 Geschwindigkeits- oder Kraftsensoren) einer Anlage der Eisen- oder Stahlindustrie mittels eines Messdatenerfassungssystems aufgenommen und abgespeichert. Nach der Definition eines Zielkanals aus den Kanälen von Messdaten, werden die ursprünglich vorliegenden Messdaten (1) bei der Vorbehandlung
10 der Messdaten (7) nacheinander den Verfahrensschritten

- Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“ (2)
- Detektion und Eliminierung von Ausreißern (3)
- Filterung (4)
- Downsampling (5)

15 unterzogen, wodurch die Datenmenge der resultierenden Messdaten (6), dh. die Anzahl der Kanäle der Messdaten und/oder die Anzahl der Messwerte bzw. Messpunkte pro Kanal, stark reduziert wird, was sich wiederum positiv auf die nachfolgenden Schritte der FD

20 - messdatenbasierte Bildung mindestens eines Modells des Zielkanals
- Verwendung des so generierten Modells und aktuell ermittelter Messdaten zur Detektion von Fehlzuständen der Anlage

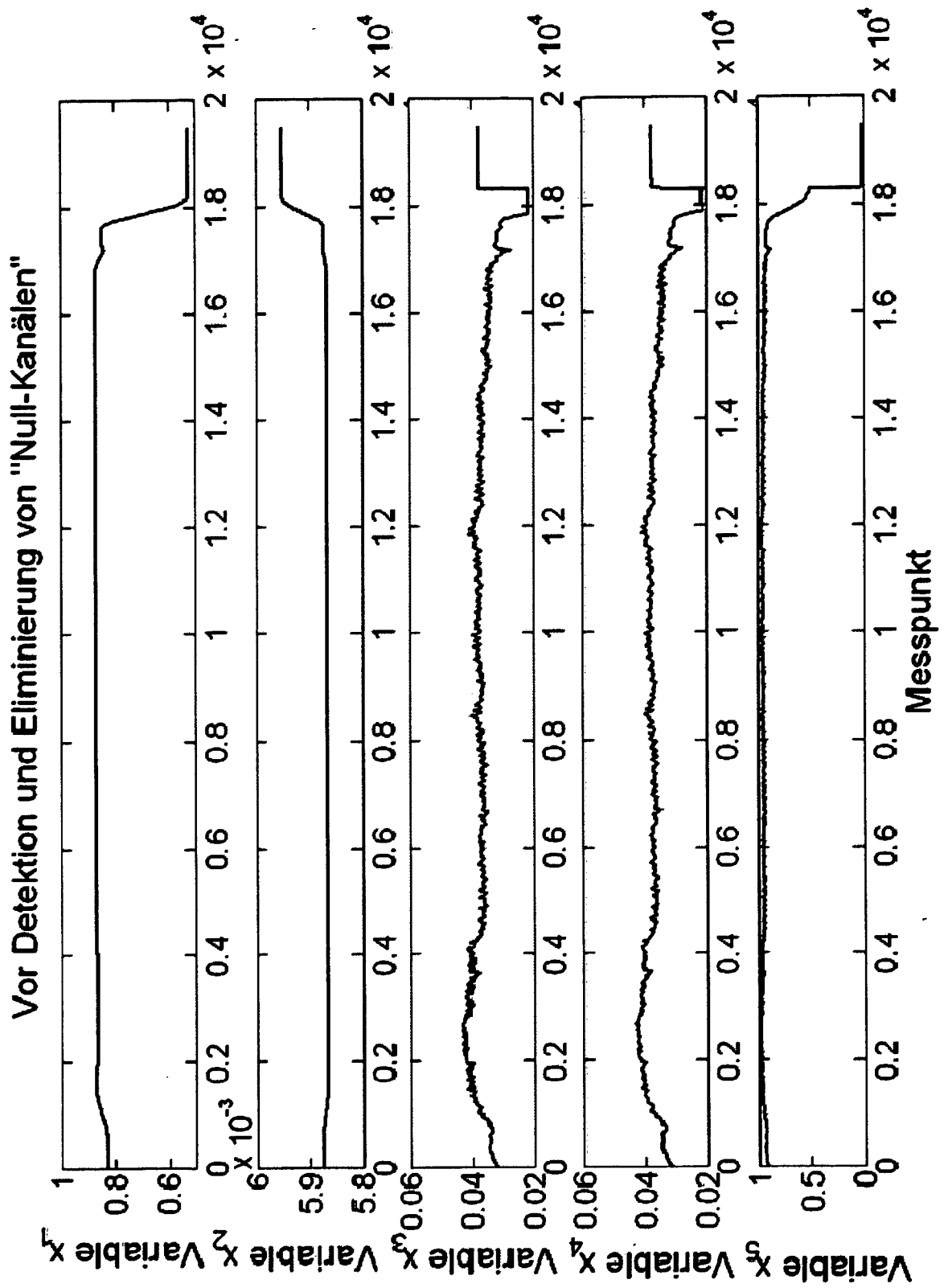
25 auswirkt.

Patentansprüche

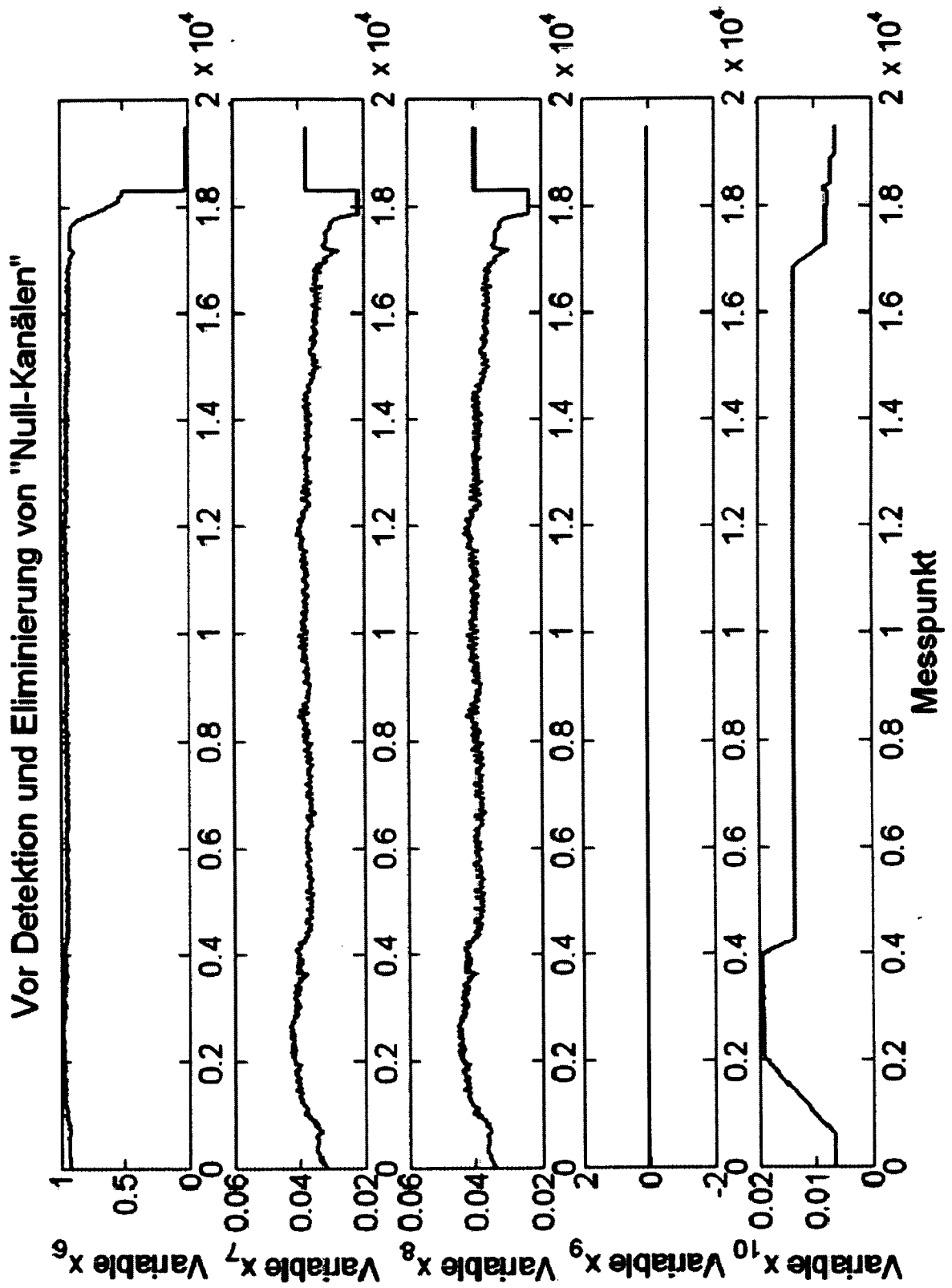
1. Verfahren zum Überwachen von Anlagen, insbesondere komplexe Anlagen der Eisen- und Stahlindustrie, mit den
- 5 Schritten Aufnehmen von mindestens zwei Kanälen von Messdaten einer Anlage, gegebenenfalls Abspeichern der Messdaten, Definition eines Zielkanals aus den Messdaten, Vorbehandlung der Messdaten, messdatenbasierte Bildung mindestens eines
- 10 Modells des Zielkanals und Verwendung des so generierten Modells und aktuell ermittelter Messdaten zur Detektion von Fehlzuständen der Anlage, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messdaten bei der Vorbehandlung der Messdaten den Verfahrensschritten
- Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“;
 - 15 - Detektion und Eliminierung von Ausreißern;
 - Filterung;
 - Downsampling;
- unterzogen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 20 die Messdaten bei der Vorbehandlung der Messdaten den Verfahrensschritte in der Reihenfolge Detektion und Eliminierung von „Null-Kanälen“, Detektion und Eliminierung von Ausreißer, Filterung und Downsampling unterzogen werden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 25 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messdaten, vorzugsweise nach dem Downsampling, einer Detektion von stationären Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen unterzogen werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- 30 **dadurch gekennzeichnet, dass** für unterschiedliche Zielkanäle die Schritte Definition eines Zielkanals aus den Messdaten, Vorbehandlung der Messdaten und messdatenbasierte Bildung mindestens eines Modells des Zielkanals pro Zielkanal jeweils mindestens 1 Mal durchgeführt werden und dabei gebildete
- 35 Modelle bei der Detektion von Fehlzuständen der Anlage verwendet werden.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass für unterschiedliche Zielkanäle die Schritte Definition eines Zielkanals aus den Messdaten, Vorbehandlung der Messdaten und messdatenbasierte Bildung
5 mindestens eines Modells des Zielkanals auf zumindest einem Prozessrechner parallel durchgeführt werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Detektion und Eliminierung von Ausreißern einen univariaten und gegebenenfalls einen
10 multivariaten Schritt enthält.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Filterung der Messdaten durch einen Median Filter erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
15 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Downsampling der Messdaten unter Berücksichtigung der Transinformation zwischen einem Kanal vor und nach dem Downsampling erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Detektion von stationären
20 Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen unter Berücksichtigung von statistischen Kennzahlen für die Variabilität erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Messdaten, bevorzugt nach
25 dem Downsampling oder der Detektion von stationären Bereichen und Eliminierung von nicht-stationären Bereichen, einer Detektion und Eliminierung von redundanten Kanälen unterzogen werden.

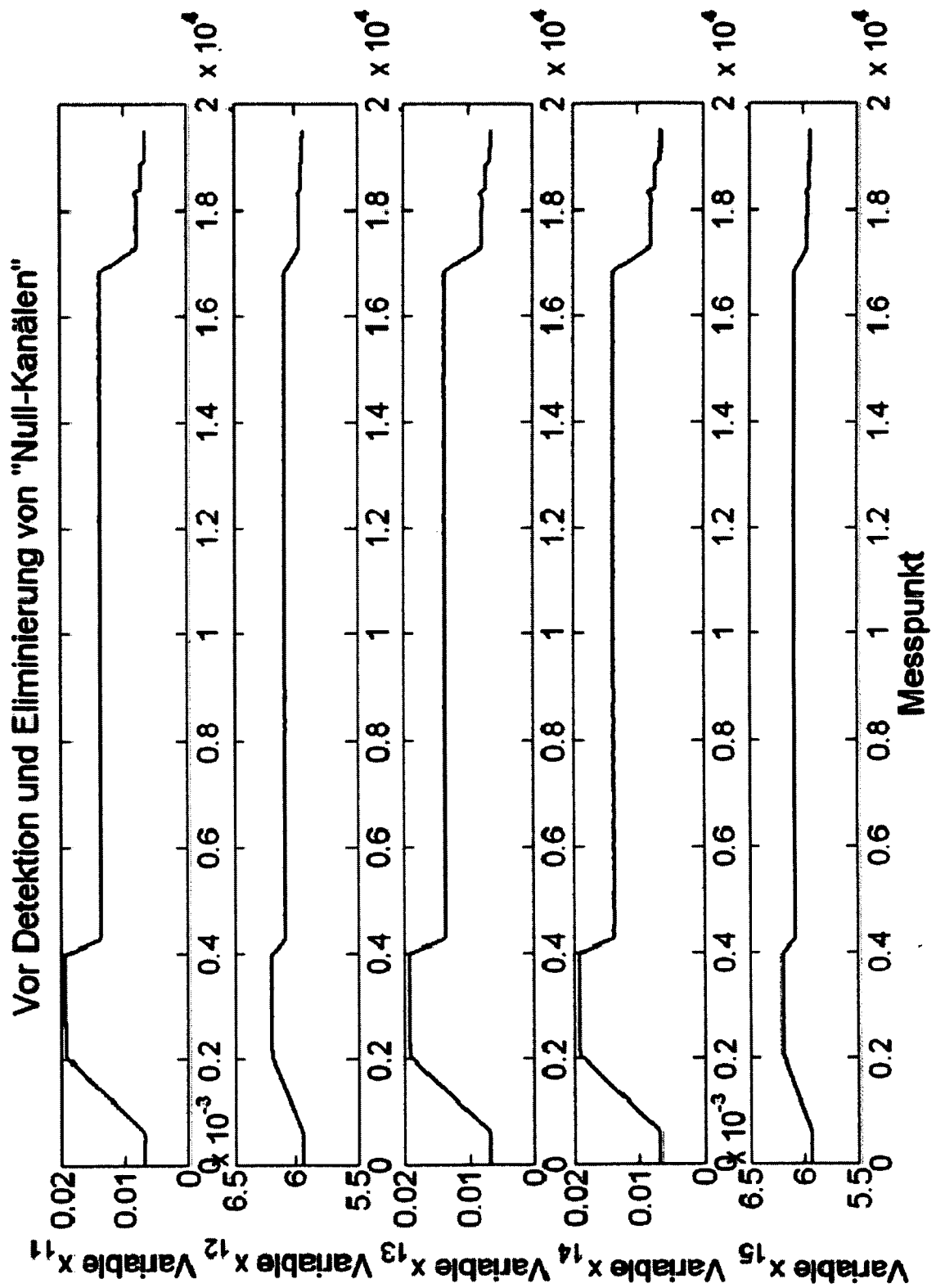
1/14
Fig. 1



2/14

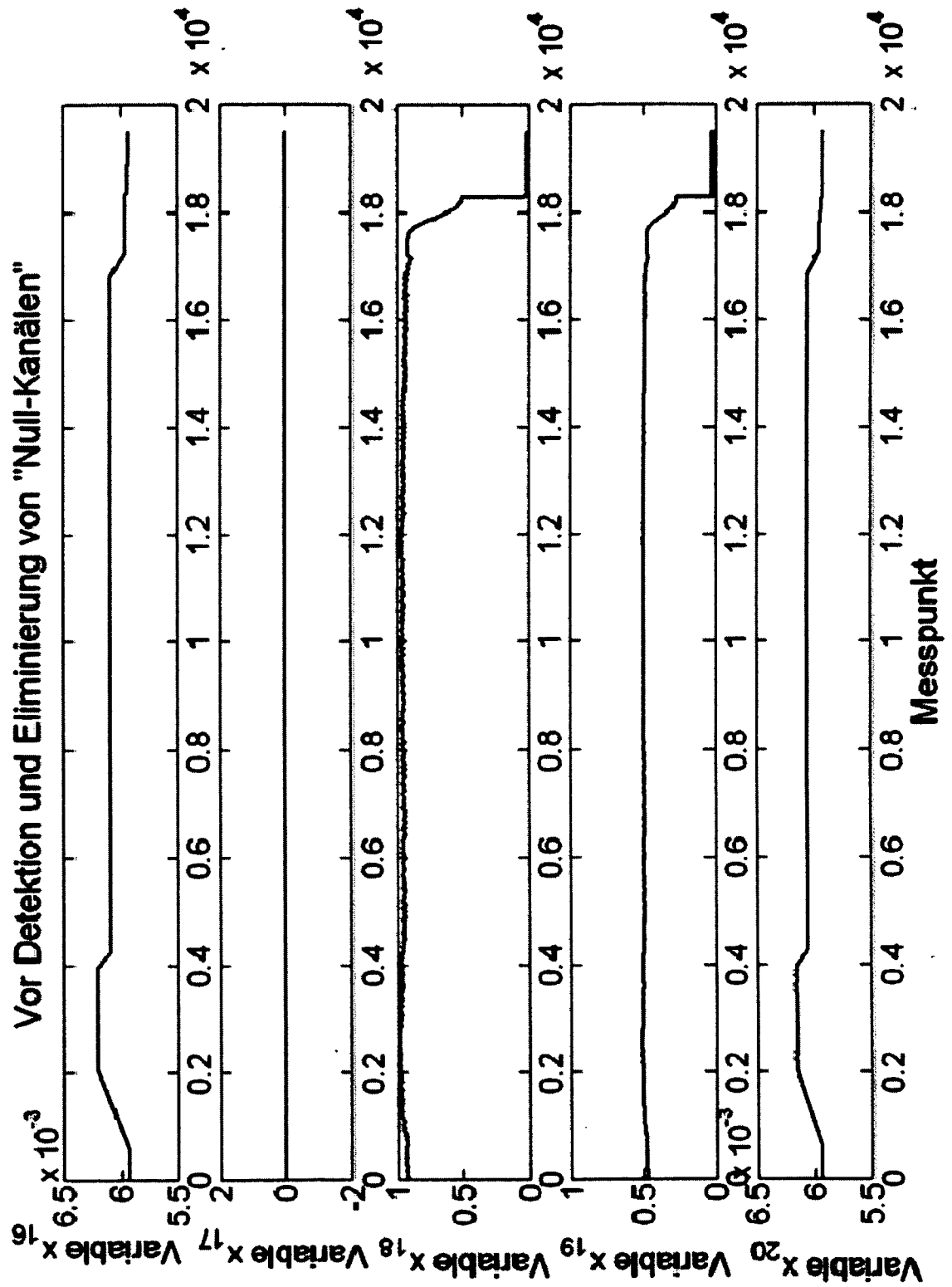
Fig. 2

3/14

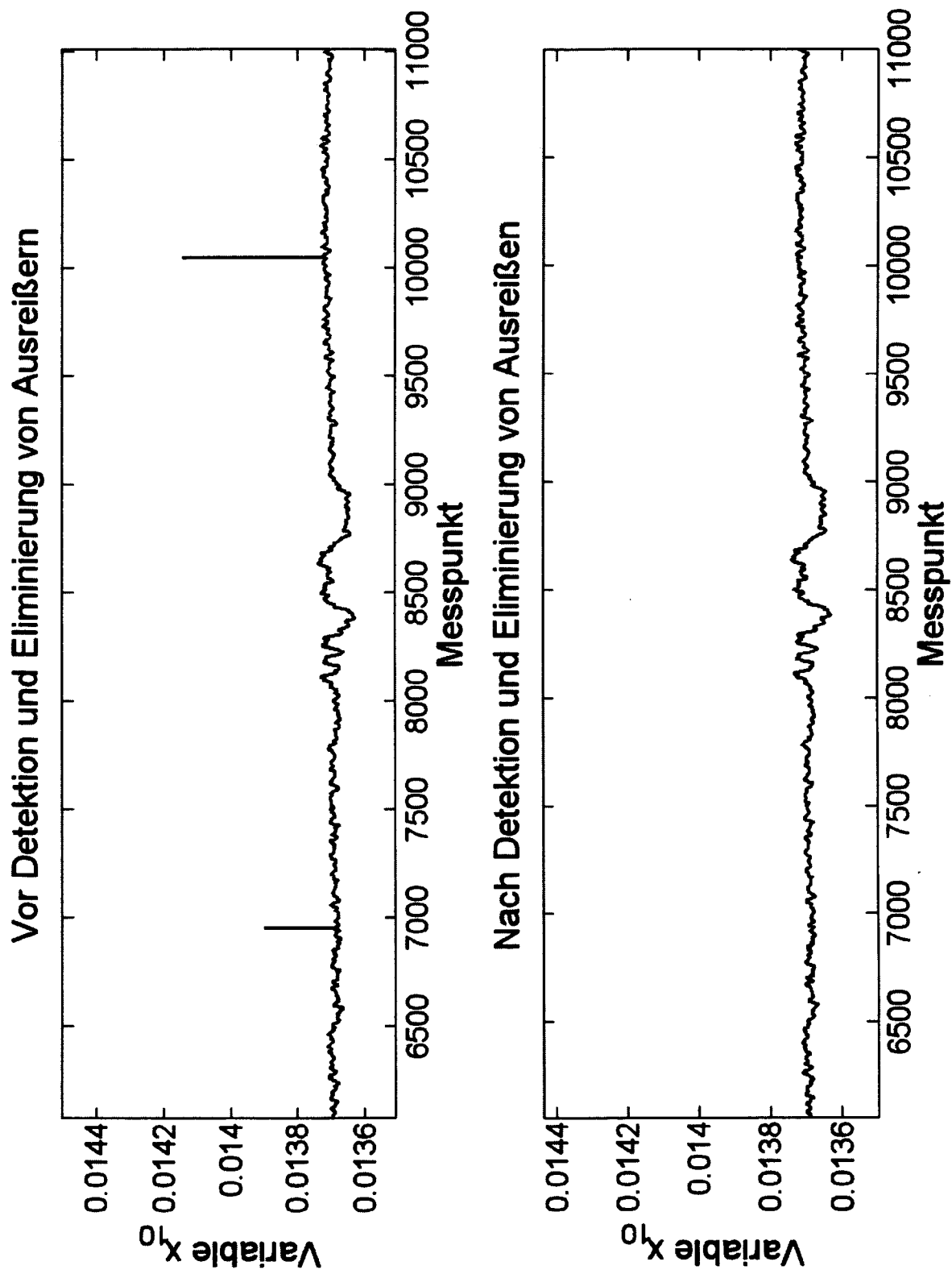
Fig. 3

4/14

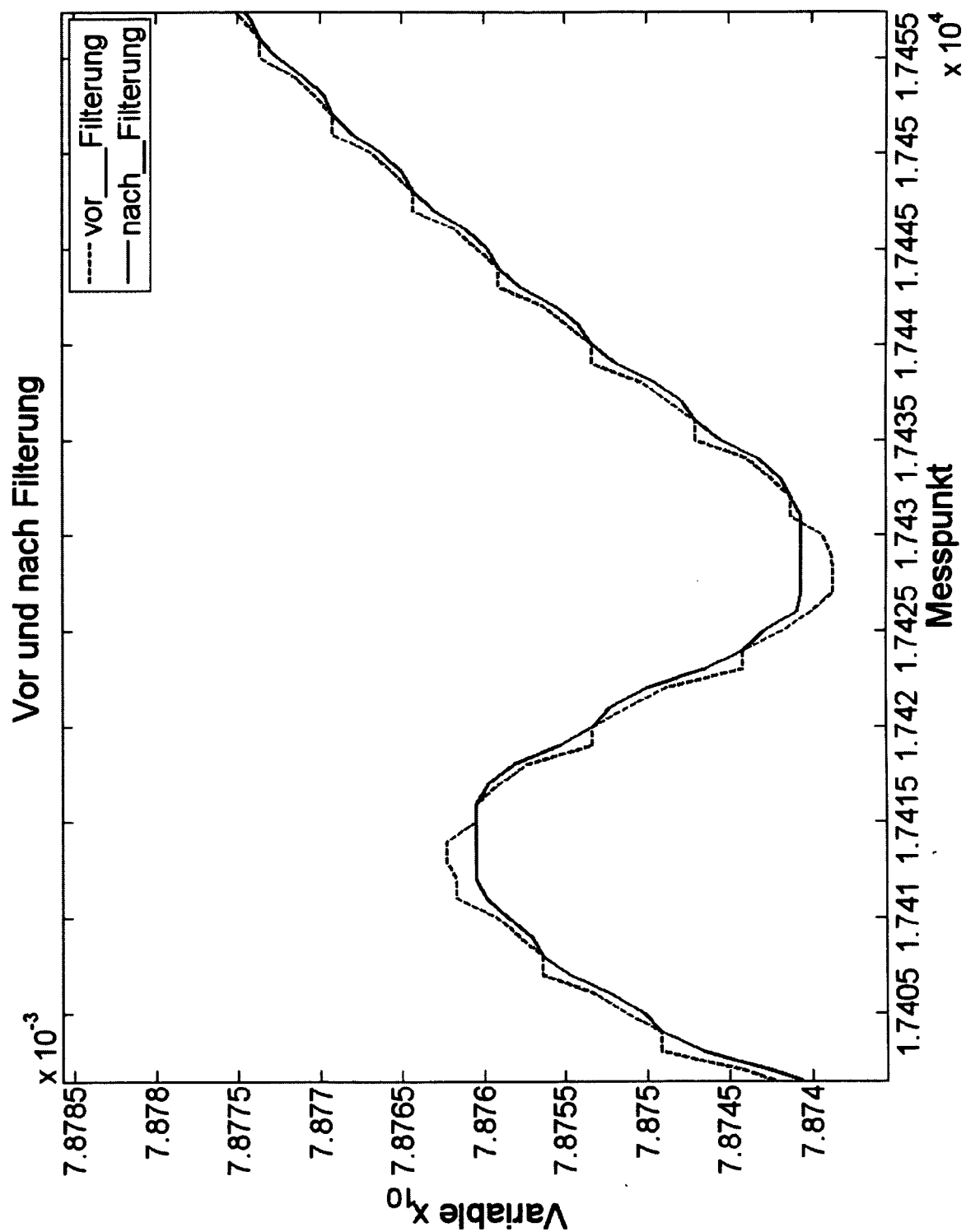
Fig. 4



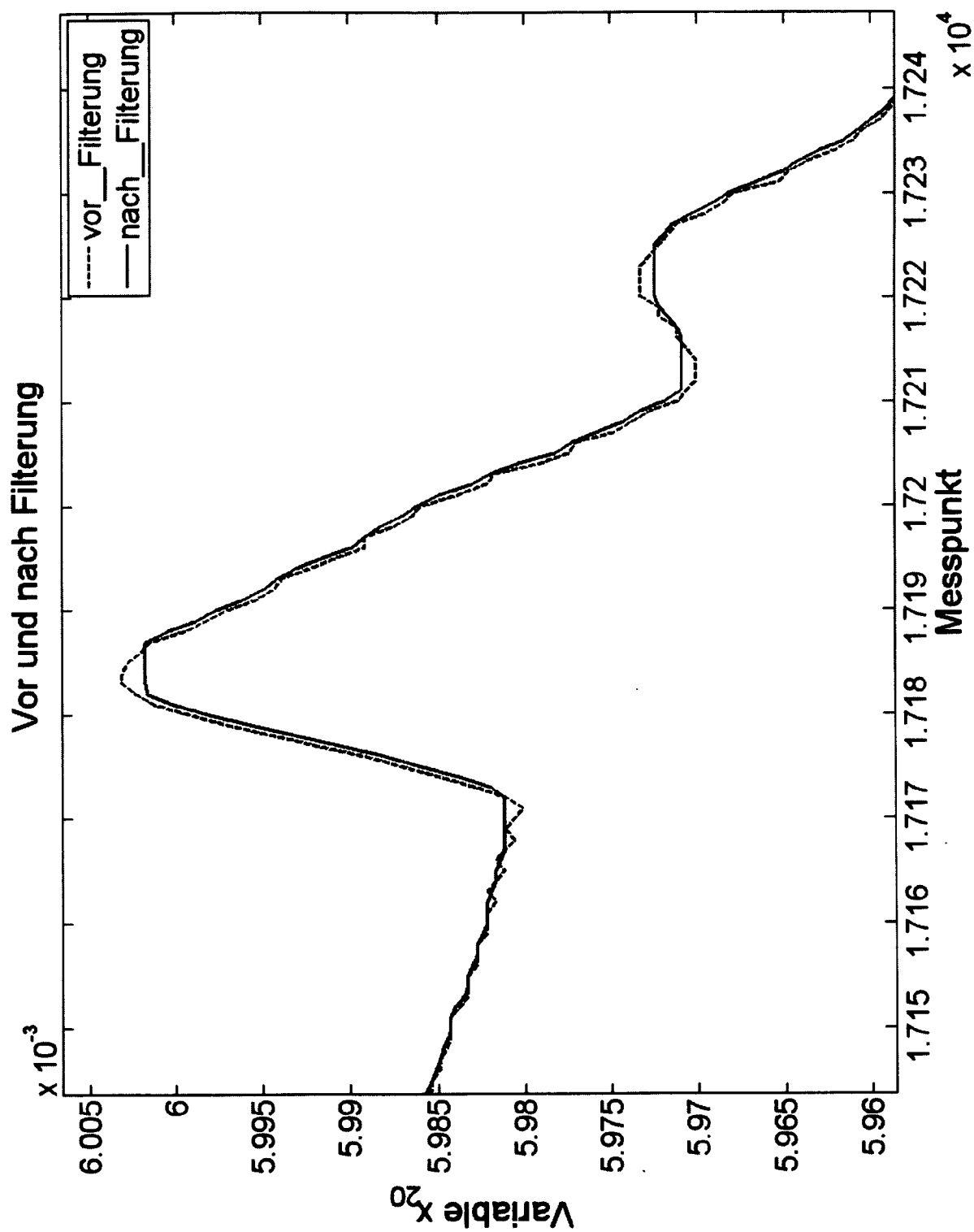
5/14

Fig. 5

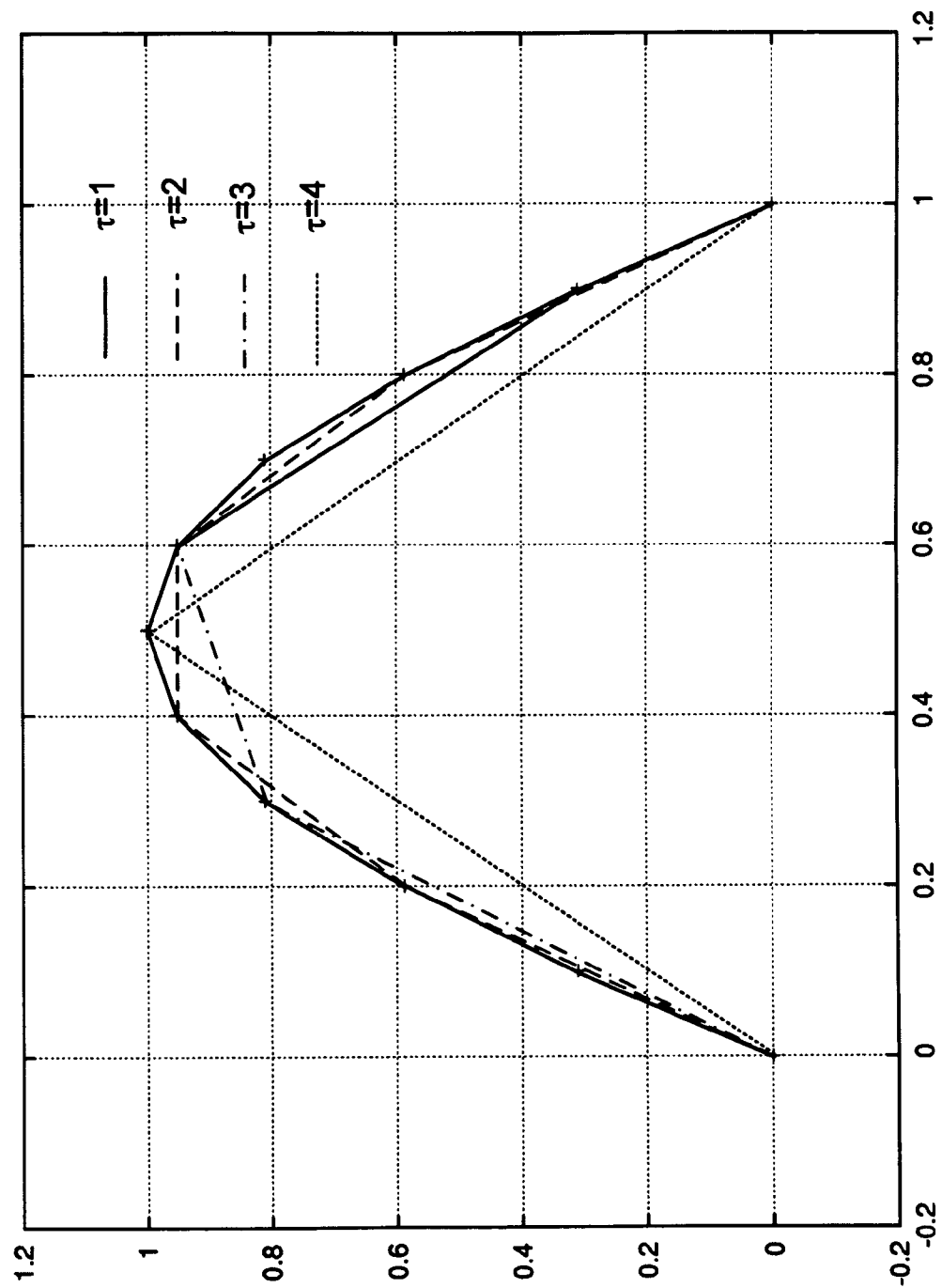
6/14
Fig. 6



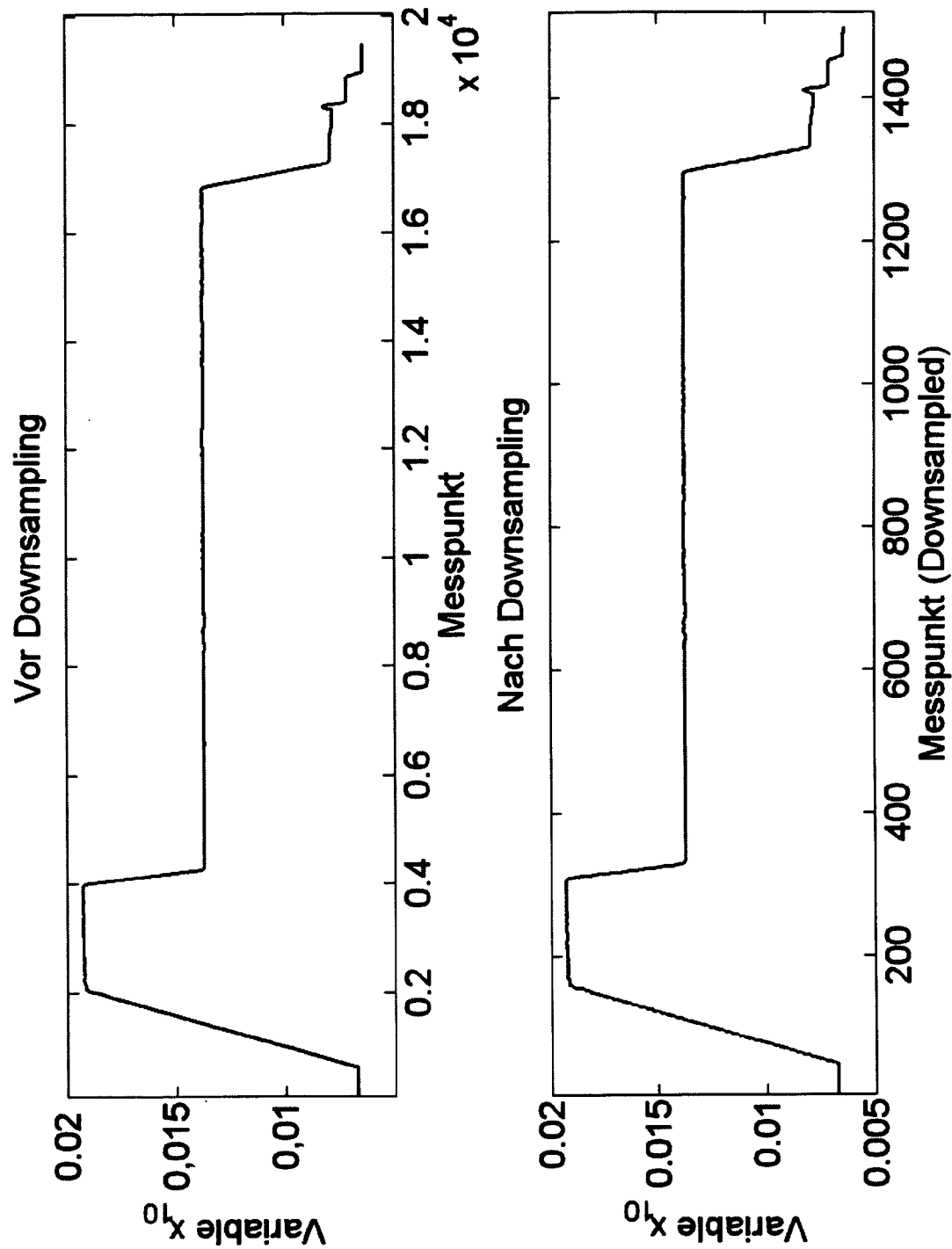
7/14

Fig. 7

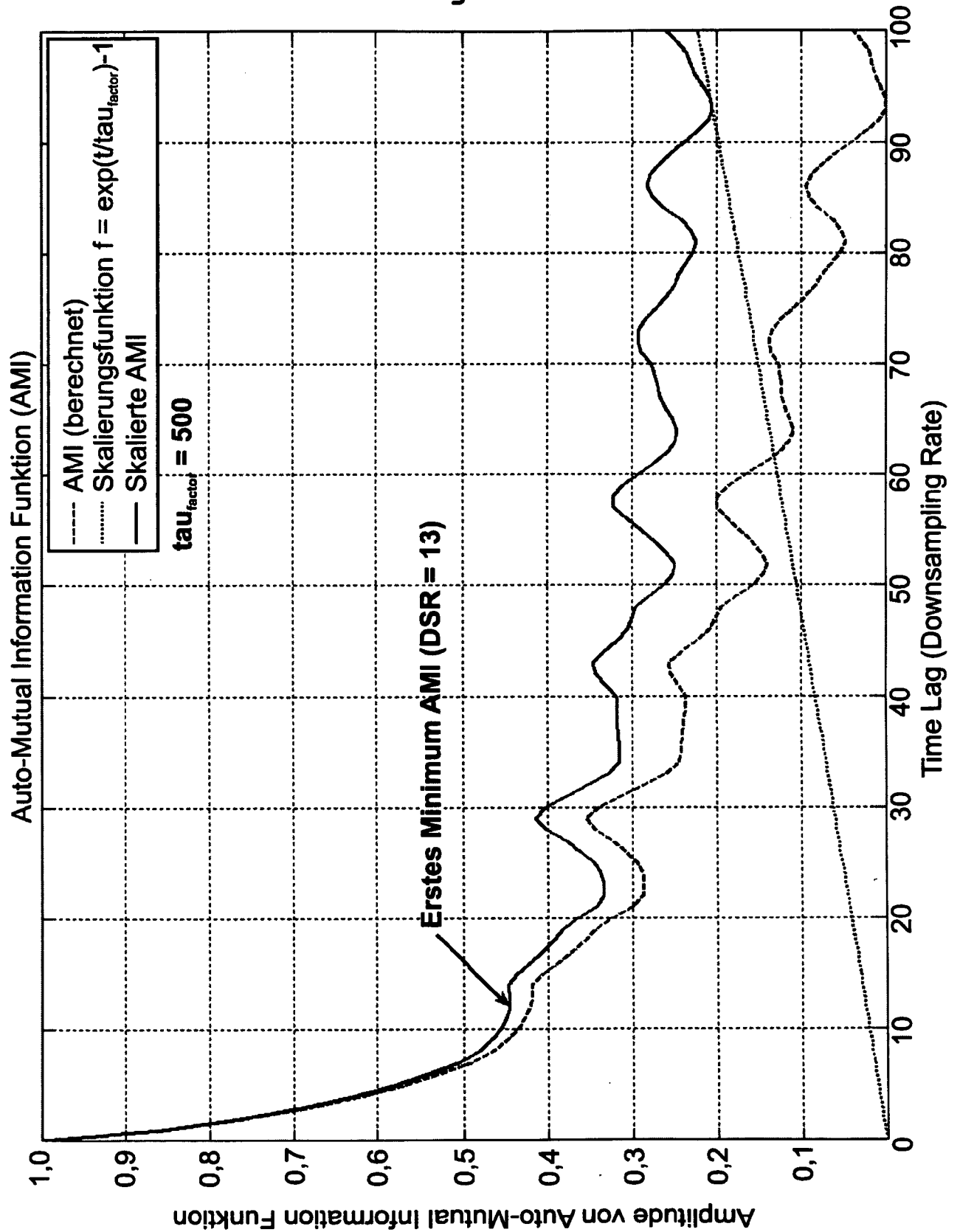
8/14
Fig. 8

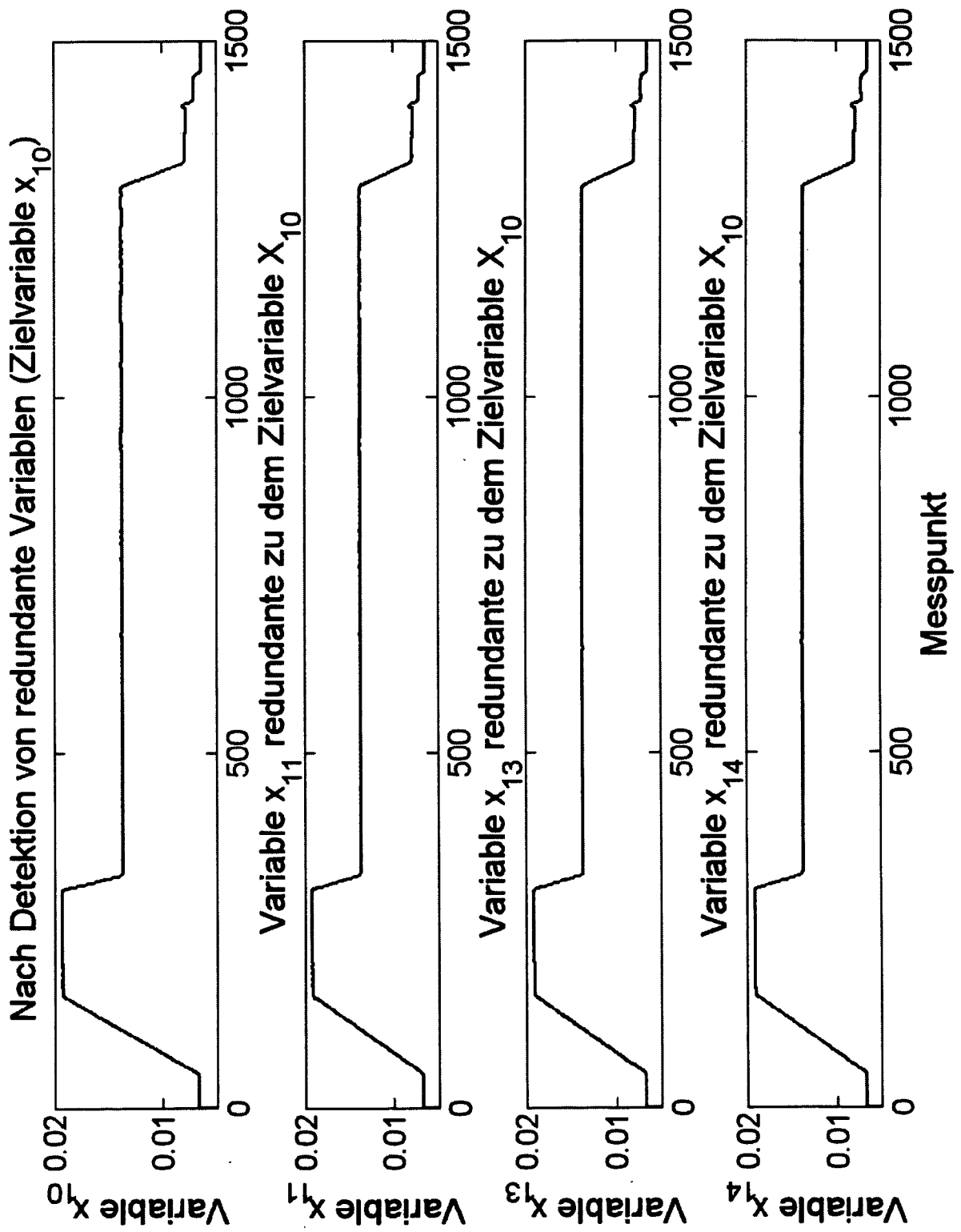


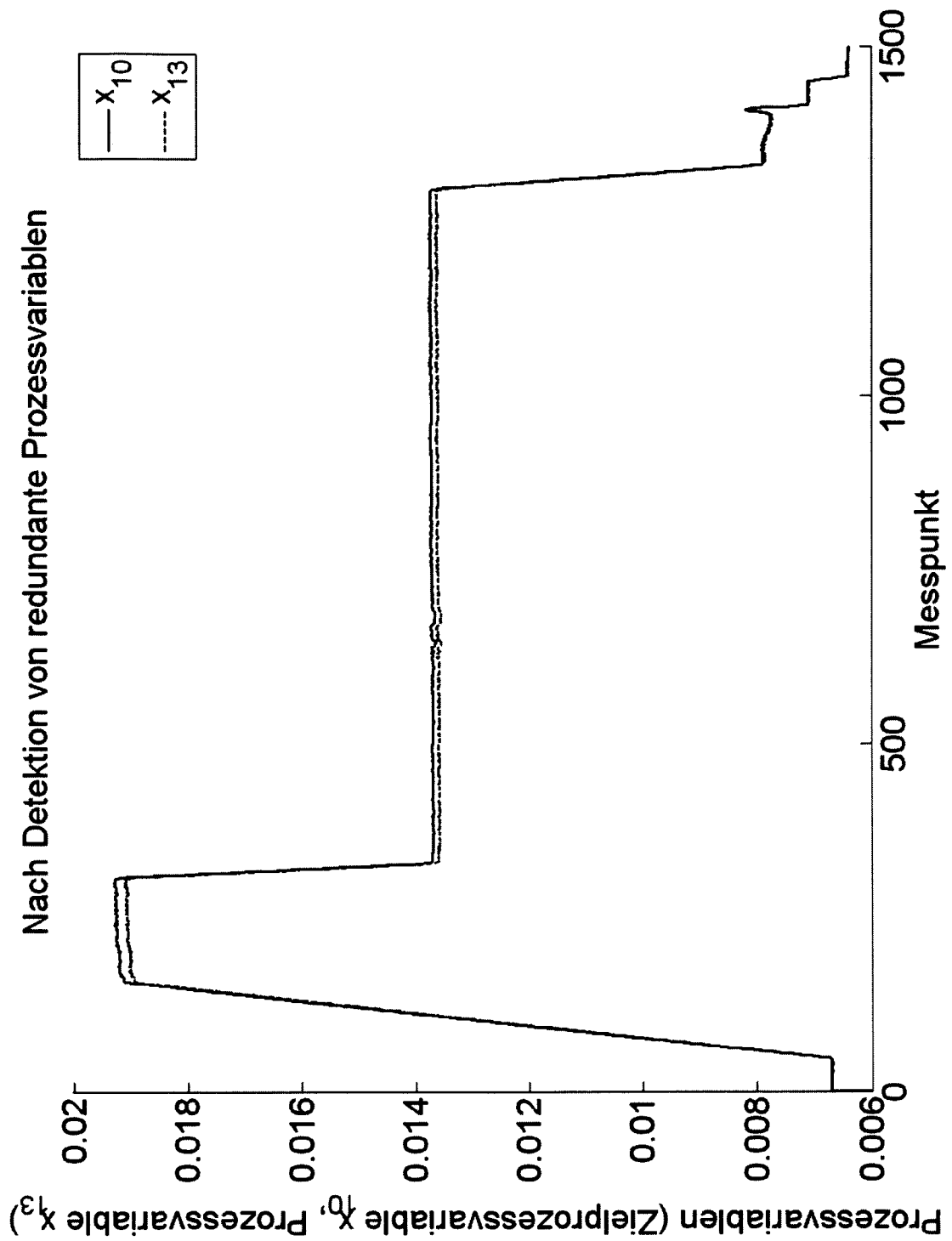
9/14
Fig. 9



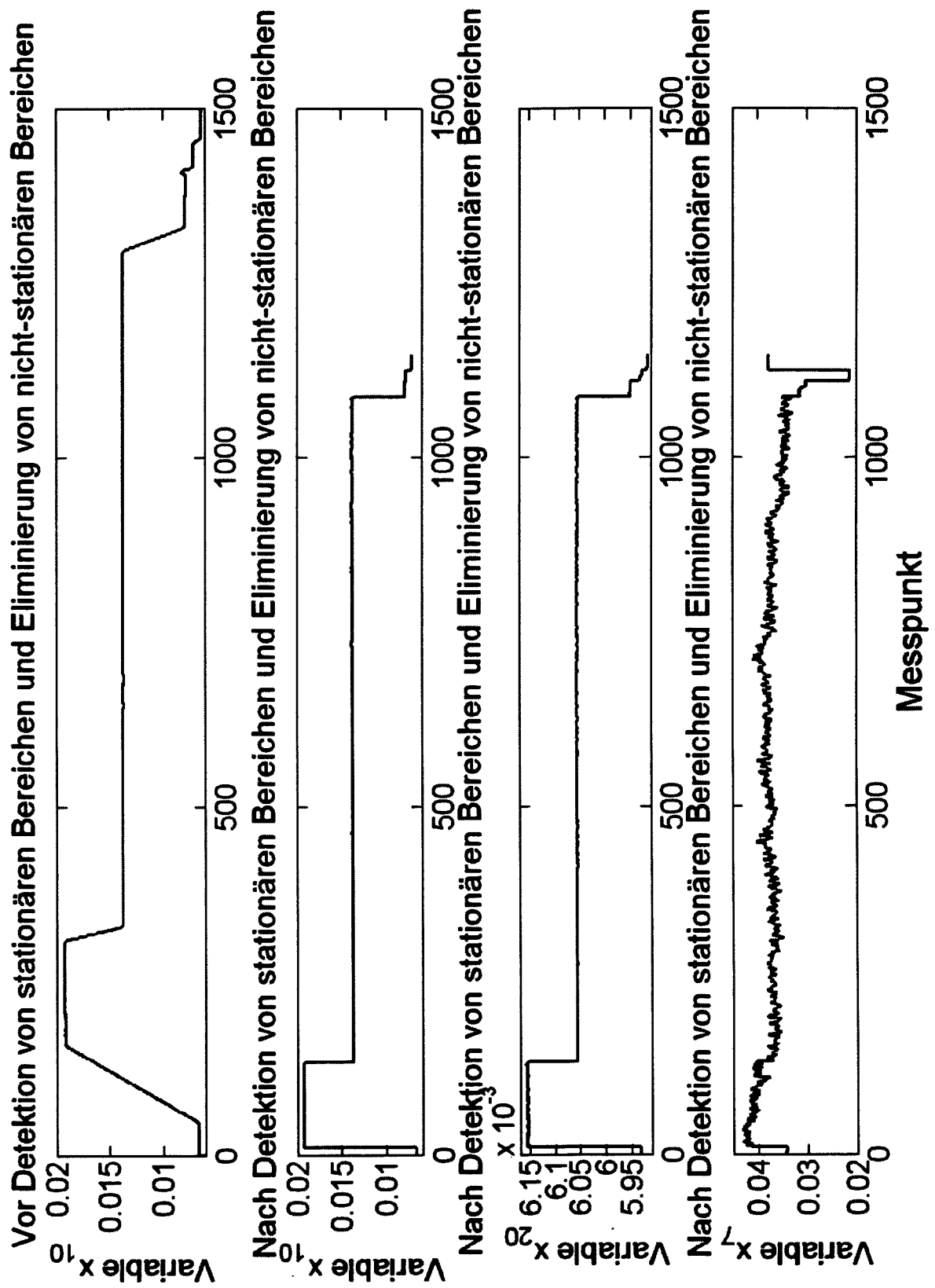
10/14

Fig. 10

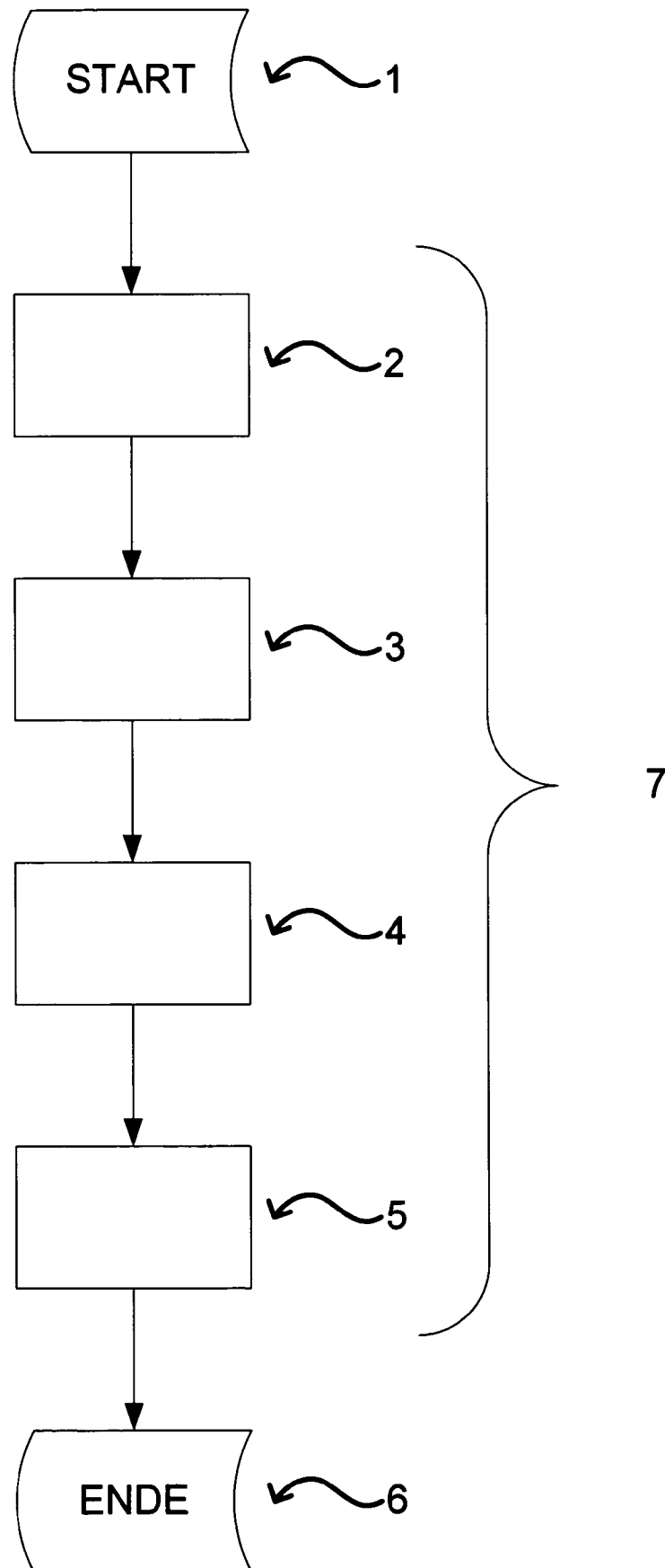
11/14
Fig. 11

12/14
Fig. 12

13/14

Fig. 13

14/14
Fig. 14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/058406

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G05B23/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/183971 A1 (WEGERICH STEPHAN W [US]; WOLOSEWICZ ANDRE [US]; PIPKE ROBERT MATTHEW []) 5 December 2002 (2002-12-05) cited in the application the whole document	1-10
Y	WO 2006/107933 A1 (FISHER ROSEMOUNT SYSTEMS INC [US]; KAVAKLIOGLU KADIR [US]) 12 October 2006 (2006-10-12) the whole document	1-10
Y	US 2007/028220 A1 (MILLER WILLIAM L [US]; MARKO KENNETH [US]; DJURDJANOVIC DRAGAN [US]; L) 1 February 2007 (2007-02-01) paragraph [0002] - paragraph [0005]; figure 33 paragraph [0274] - paragraph [0276]	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 September 2009

Date of mailing of the international search report

24/09/2009

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

José Luis Meseguer

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/058406

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002183971 A1	05-12-2002	AU 2002246994 A2	05-11-2002
		CA 2443579 A1	31-10-2002
		EP 1393177 A1	03-03-2004
		EP 2015186 A2	14-01-2009
		JP 2004531815 T	14-10-2004
		JP 2008186472 A	14-08-2008
		WO 02086726 A1	31-10-2002
		US 2003139908 A1	24-07-2003
WO 2006107933 A1	12-10-2006	CA 2603916 A1	12-10-2006
		CN 101156119 A	02-04-2008
		CN 101156120 A	02-04-2008
		EP 1872184 A1	02-01-2008
		EP 1866716 A1	19-12-2007
		JP 2008535106 T	28-08-2008
		JP 2008535123 T	28-08-2008
		US 2008208527 A1	28-08-2008
		WO 2006107952 A1	12-10-2006
US 2007028220 A1	01-02-2007	WO 2007149307 A2	27-12-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/058406

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G05B23/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G05B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2002/183971 A1 (WEGERICHT STEPHAN W [US]; WOLOSEWICZ ANDRE [US]; PIPKE ROBERT MATTHEW []) 5. Dezember 2002 (2002-12-05) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-10
Y	WO 2006/107933 A1 (FISHER ROSEMOUNT SYSTEMS INC [US]; KAVAKLIOGLU KADIR [US]) 12. Oktober 2006 (2006-10-12) das ganze Dokument	1-10
Y	US 2007/028220 A1 (MILLER WILLIAM L [US]; MARKO KENNETH [US]; DJURDJANOVIC DRAGAN [US]; L) 1. Februar 2007 (2007-02-01) Absatz [0002] - Absatz [0005]; Abbildung 33 Absatz [0274] - Absatz [0276]	1-10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. September 2009

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

24/09/2009

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

José Luis Meseguer

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/058406

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002183971 A1	05-12-2002	AU 2002246994 A2	05-11-2002
		CA 2443579 A1	31-10-2002
		EP 1393177 A1	03-03-2004
		EP 2015186 A2	14-01-2009
		JP 2004531815 T	14-10-2004
		JP 2008186472 A	14-08-2008
		WO 02086726 A1	31-10-2002
		US 2003139908 A1	24-07-2003
WO 2006107933 A1	12-10-2006	CA 2603916 A1	12-10-2006
		CN 101156119 A	02-04-2008
		CN 101156120 A	02-04-2008
		EP 1872184 A1	02-01-2008
		EP 1866716 A1	19-12-2007
		JP 2008535106 T	28-08-2008
		JP 2008535123 T	28-08-2008
		US 2008208527 A1	28-08-2008
		WO 2006107952 A1	12-10-2006
US 2007028220 A1	01-02-2007	WO 2007149307 A2	27-12-2007