

(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
24. August 2017 (24.08.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/140589 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01R 35/00 (2006.01) G01R 19/00 (2006.01)
G01R 1/20 (2006.01) G01R 19/10 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/053007

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Februar 2017 (10.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 202 501.5
18. Februar 2016 (18.02.2016) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: SCHRÖPPEL, Ralf; Germanenstrasse 8, 93107 Thalmassing (DE). WEIGERT, Wolfgang; Pröllerstr. 22, 93105 Tegernheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING A CALIBRATION CURRENT PULSE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BESTIMMEN EINES KALIBRIERSTROMPULSES

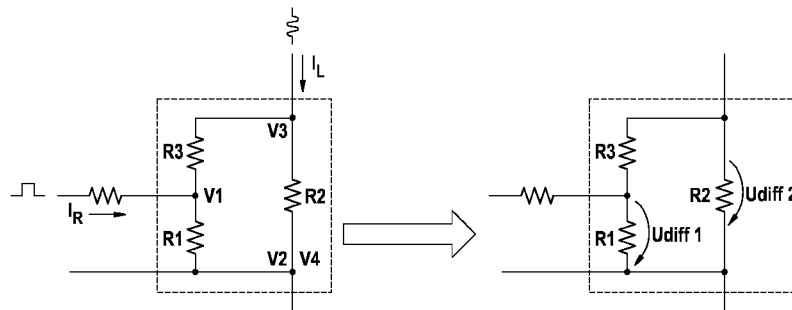


Fig. 1a

(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a calibration current pulse when it is superimposed by a useful current pulse, wherein the calibration current pulse is computationally determined after measurement over a plurality of measuring resistors of a measuring resistor group.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Kalibrierstrompulses bei Überlagerung durch einen Nutzstrompuls, wobei der Kalibrierstrompuls rechnerisch nach Messung über mehrere Messwiderstände einer Messwiderstandsgruppe ermittelt wird.

WO 2017/140589 A1

Verfahren zum Bestimmen eines Kalibrierstimpulses

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Kalibrierstimpulses.

5

In Kraftfahrzeugen wird zunehmend eine Batteriezustandserkennung durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit der Batterie zuverlässig zu berechnen. Für die Erfassung der Batteriemessgrößen wird dabei typischerweise ein sogenannter Intelligenter Batteriesensor (IBS) eingesetzt.

10

Eine kontinuierliche Messung des Batteriezustands ist dabei vorteilhaft, um die Leistungsbilanz des Kraftfahrzeuges zu optimieren und somit einen erheblichen Beitrag zur Verbrauchsminderung und zur CO₂-Einsparung zu leisten. Zu der kurzzeitigen Leistungsabgabe bei Motorstarts kommen in modernen Fahrzeugen Innovationen wie z.B. Start-Stopp-Betrieb und Rekuperation hinzu, welche zu einem erhöhten Energieumsatz führen und die Batterie zusätzlich zu den bereits bekannten Leistungsabgaben beanspruchen.

15

20

Eine Erfassung der Batteriemessgrößen Strom, Spannung und Temperatur soll typischerweise sehr genau, dynamisch und zeitsynchron sein, um den Batteriezustand, die Leistungsfähigkeit der Batterie und deren Alterungsgrad ermitteln zu können, beispielsweise mittels eines Algorithmus.

25

Die Messung der Batteriemessgröße Strom wird heute in der Regel mit Hilfe eines hochwertigen und präzisen Messwiderstands, auch als Messshunt bezeichnet, durchgeführt, welcher typischerweise einen Drift seines Widerstandswerts von weniger als 1 % vom Messwert über seine Lebensdauer von beispielsweise 15 Jahren aufweist. Dieser Messwiderstand ist jedoch mit einer hohen Genauigkeit und geringem Temperaturgang in der Regel auch sehr kostenintensiv. Beispielhaft kann hierfür eine Kupfer-Nickel-Mangan-Legierung, insbesondere eine als Manganin bekannte Legierung, verwendet werden.

30

35

Um zukünftig kostengünstigere Widerstandsmaterialien bzw. Messwiderstände mit einer höheren Ungenauigkeit beim Widerstandswert und Temperaturgang verwenden zu können, besteht die Möglichkeit, eine kontinuierliche Kalibration des Messsystem
5 im Betrieb durchzuführen, um die Ungenauigkeiten zu kompensieren. Eine solche Kalibration soll vorteilhaft kontinuierlich während der gesamten Lebensdauer des Batteriesensors im eingebauten Zustand im Fahrzeug erfolgen.

10 Dies kann beispielsweise mit einem kontinuierlichen wiederkehrenden Kalibrationsstrompuls bzw. Kalibrierstrompuls erfolgen. Dieser Kalibrierstrompuls kann auf der Batteriesensorplatine generiert werden. Er erzeugt
15 beispielsweise an einem Referenzwiderstand wie auch an dem Messwiderstand über alle Temperatur- und Laststrombereiche Spannungsabfälle, die dann kontinuierlich gemessen und ins Verhältnis gesetzt werden können. Somit ist ein kontinuierlicher Abgleich mit einem Referenzwiderstand möglich.

20 Als problematisch hat sich bei kontinuierlichen Kalibrationsverfahren erwiesen, dass sich dabei der Kalibrationsstrompuls und der Laststrom addieren und nur wieder schwer voneinander trennen lassen, was zu großen Problemen bei der Auswertung der Messdaten führt.

25 Es ist deshalb eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Bestimmen eines Kalibrierstrompulses bereitzustellen, welches diesbezüglich verbessert ist.

30 Dies wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren nach Anspruch 1 erreicht. Vorteilhafte Ausgestaltungen können beispielsweise den Unteransprüchen entnommen werden. Der Inhalt der Ansprüche wird durch ausdrückliche Inbezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

35 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Kalibrierstrompulses an einer Messwiderstandsgruppe. Die Messwiderstandsgruppe weist eine Anzahl von Messwiderständen

auf, welche an jeweiligen Verbindungspunkten miteinander oder mit weiteren Komponenten verbunden sind.

Durch den Übergang von einem Messwiderstand zu einer
5 Messwiderstandsgruppe wird eine besondere 'Vorgehensweise ermöglicht, welche Teil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist.

Es sei verstanden, dass die Verbindungspunkte vielfältig
ausgestaltet sein können, beispielsweise als elektrische
10 Kontakte zwischen physisch abgrenzbaren Widerständen. Es kann sich jedoch auch lediglich um bestimmte Punkte oder Orte auf Widerstandsmaterialien handeln, welche Teilbereiche dieser Widerstandsmaterialien voneinander abgrenzen.

15 Das Verfahren weist folgende Schritte auf:

- Durchleiten eines Laststroms durch einen ersten Messwiderstand der Messwiderstandsgruppe und durch einen zweiten Messwiderstand der Messwiderstandsgruppe, gleichzeitig
- Durchleiten eines Kalibrierstroms durch zumindest den
20 ersten Messwiderstand, gleichzeitig
- Messen eines ersten Spannungspulses zwischen einem ersten Verbindungspunkt und einem zweiten Verbindungspunkt, wobei der erste Verbindungspunkt unmittelbar mit dem ersten Messwiderstand verbunden ist, und
- 25 - Berechnen des Kalibrierstrompulses basierend zumindest auf dem ersten Spannungspuls.

Durch die besondere Vorgehensweise ist es möglich, anhand des ersten Spannungspulses einen Rückschluss auf den Kalibrierstrom
30 zu erhalten, welcher sich vom Laststrom trennen lässt. Mögliche konkrete Ausgestaltungen werden weiter unten in der Anmeldung beschrieben.

Bei dem Laststrom handelt es sich insbesondere um einen Strom,
35 welcher von der Batterie zum Chassis oder umgekehrt fließt, beispielsweise weil Verbraucher im Fahrzeug einen entsprechenden Strombedarf haben. Hierbei kann es sich beispielsweise um Anlasser oder Scheinwerfer handeln.

Bei einer Batterie kann es sich beispielsweise um eine typische Autobatterie handeln, welche insbesondere als Akkumulator ausgebildet sein kann. Auch für andere Batterien oder
5 Akkumulatoren bzw. allgemein Stromspeicher oder Stromerzeuger ist das Verfahren jedoch entsprechend anwendbar.

Gemäß einer Ausführung ist vorgesehen, dass der zweite Verbindungspunkt unmittelbar mit dem ersten Messwiderstand
10 verbunden ist, so dass der erste Spannungspuls genau über dem ersten Messwiderstand gemessen wird.

Das Verfahren weist gemäß einer Ausführung ferner gleichzeitig zum Schritt des Messens des ersten Spannungspulses folgenden
15 Schritt auf:

- Messen eines zweiten Spannungspulses zwischen einem dritten Verbindungspunkt und einem vierten Verbindungspunkt, wobei der dritte Verbindungspunkt unmittelbar mit dem zweiten Messwiderstand verbunden ist, und
20 - wobei der Kalibrierstrompuls auch basierend auf dem zweiten Spannungspuls berechnet wird.

Durch das Messen des zweiten Spannungspulses können unterschiedliche Lösungen verwendet werden, um den
25 Kalibrierstrompuls von der Überlagerung mit dem Laststrom zu extrahieren. Beispielhafte Vorgehensweisen werden nachfolgend beschrieben.

Gemäß einer Ausführung ist der vierte Verbindungspunkt
30 unmittelbar mit dem zweiten Messwiderstand verbunden, so dass der zweite Spannungspuls genau über dem zweiten Messwiderstand gemessen wird.

Gemäß einer Ausführung ist der zweite Verbindungspunkt
35 unmittelbar mit dem zweiten Messwiderstand verbunden.

Vorteilhaft wird der Kalibrierstrompuls auch basierend auf einem Widerstandswert des ersten Messwiderstands und/oder einem

Widerstandswert des zweiten Messwiderstands und/oder jeweiligen Widerstandswerten weiterer Messwiderstände der Messwiderstandsgruppe berechnet. Dabei kann auf alle Kombinationen der genannten Werte zurückgegriffen werden, also
5 beispielsweise mit einem dieser Werte, mit zwei beliebigen dieser Werte oder mit drei dieser Werte. Insbesondere können Verhältnisse von Widerständen berücksichtigt werden, wie die weiter unten näher ausgeführt wird.

10 Gemäß einer bevorzugten Ausführung wird der Kalibrierstrom seriell zum ersten Messwiderstand durch einen Referenzwiderstand geleitet und ein Spannungsabfall wird über dem Referenzwiderstand gemessen. Dies ermöglicht eine genaue Bestimmung der Stromstärke des Kalibrierstroms.

15 Gemäß einer Ausführung wird der Laststrom in einen ersten Pfad und einen dazu parallelen zweiten Pfad aufgeteilt. Vorzugsweise wird er zu gleichen Teilen aufgeteilt. Dies entspricht einer möglichen Vorgehensweise, um Laststrom und Kalibrierstrom
20 voneinander zu trennen.

Nachfolgend werden bestimmte spezifische Ausführungen beschrieben, welche die Erfinder als vorteilhafte, jedoch nicht als einzige Ausführungen zur Durchführung des Verfahrens erkannt
25 haben. Es sei erwähnt, dass die Spannungspulse dabei typischerweise entsprechend der obigen Angaben bezüglich der Verbindungspunkte gemessen werden.

Gemäß einer Ausführung ist vorgesehen,
30 - dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand und seriell dazu einen dritten Messwiderstand aufweist,
- dass der erste Messwiderstand und der dritte Messwiderstand am ersten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind,
- dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand aufweist,
35 - dass der dritte Messwiderstand und der zweite Messwiderstand am dritten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind, und

- dass der erste Messwiderstand und der zweite Messwiderstand am zweiten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt bildet.

5 Gemäß einer Ausführung ist vorgesehen,

- dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand, seriell dazu einen dritten Messwiderstand und seriell dazu einen vierten Messwiderstand aufweist,

10 - dass der erste Messwiderstand und der dritte Messwiderstand am ersten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind,

- dass der erste Messwiderstand und der vierte Messwiderstand am zweiten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind,

- dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand aufweist,

15 - dass der dritte Messwiderstand und der zweite Messwiderstand am dritten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind, und

- dass der vierte Messwiderstand und der zweite Messwiderstand am vierten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind.

20

Gemäß einer Ausführung ist vorgesehen,

- dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand und seriell dazu einen dritten Messwiderstand aufweist,

25 - dass der erste Messwiderstand und der dritte Messwiderstand am ersten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind,

- dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand und seriell dazu einen vierten Messwiderstand aufweist,

30 - dass der zweite Messwiderstand und der vierte Messwiderstand am dritten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind,

- dass der dritte Messwiderstand und der vierte Messwiderstand an einem fünften Verbindungspunkt miteinander verbunden sind, und

35 - dass der erste Messwiderstand und der zweite Messwiderstand am zweiten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt bildet.

Gemäß einer Ausführung ist vorgesehen,

- dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand und seriell dazu einen dritten Messwiderstand aufweist,
- dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand und seriell dazu einen vierten Messwiderstand aufweist,
- 5 - dass der erste Messwiderstand und der dritte Messwiderstand am ersten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind,
- dass der zweite Messwiderstand und der vierte Messwiderstand am zweiten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind,
- 10 - dass der dritte Messwiderstand und der vierte Messwiderstand an einem weiteren Verbindungspunkt miteinander verbunden sind, und
- dass der erste Messwiderstand und der zweite Messwiderstand an noch einem weiteren Verbindungspunkt miteinander verbunden
- 15 sind.

Gemäß einer Ausführung ist vorgesehen,

- dass der erste Messwiderstand und der zweite Messwiderstand seriell zueinander geschaltet sind,
- 20 - dass der erste Messwiderstand und der zweite Messwiderstand am ersten Verbindungspunkt miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt bildet,
- dass der zweite Verbindungspunkt ein dem ersten Verbindungspunkt gegenüberliegender Pol des ersten
- 25 Messwiderstands ist, und
- dass der dritte Verbindungspunkt ein dem vierten Verbindungspunkt gegenüberliegender Pol des zweiten Messwiderstands ist.

- 30 Alle diese Ausführungen ermöglichen eine vorteilhafte Bestimmung des Kalibrierstimpulses. Auf Details wird weiter unten mit Bezug auf die beigefügte Zeichnung näher eingegangen werden.

- Gemäß einer bevorzugten Ausführung wird der Kalibrierstrom am
- 35 ersten Verbindungspunkt in die Messwiderstandsgruppe eingeleitet. Dies kann insbesondere vorteilhaft mit den oben beschriebenen Ausführungen kombiniert werden.

Gemäß einer Weiterbildung sind die Messwiderstände der Messwiderstandsgruppe als Teilbereiche eines flächigen Widerstands ausgeführt. Dies erlaubt eine einfache Herstellung der Widerstände. Beispielhafte Ausführungen sind weiter unten mit Bezug auf die beigefügte Zeichnung beschrieben. Es sei jedoch verstanden, dass auch beliebige andere Ausführungen von Widerständen in Betracht kommen, beispielsweise diskrete Widerstände.

10 Die Erfindung betrifft des Weiteren einen Batteriesensor, welcher dazu konfiguriert ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren auszuführen. Insbesondere kann der Batteriesensor Prozessormittel und Speichermittel aufweisen, wobei die Speichermittel Programmcode enthalten, bei dessen Ausführung die
15 Prozessormittel ein erfindungsgemäßes Verfahren ausführen bzw. sich entsprechend verhalten. Außerdem kann der Batteriesensor eine Messwiderstandsbaugruppe aufweisen, welche wie mit Bezug auf das Verfahren beschrieben ausgeführt ist. Alle mit Bezug auf das Verfahren beschriebenen Ausführungen gelten entsprechend als
20 mögliche vorrichtungsgemäße Ausführungen eines Batteriesensors. Hinsichtlich des Verfahrens kann auf alle beschriebenen Ausführungen und Varianten zurückgegriffen werden.

Die Erfindung betrifft des Weiteren ein nichtflüchtiges
25 computerlesbares Speichermedium, welches Programmcode enthält, bei dessen Ausführung ein Prozessor ein erfindungsgemäßes Verfahren ausführt. Hinsichtlich des Verfahrens kann auf alle beschriebenen Ausführungen und Varianten zurückgegriffen werden.

30 Allgemein gesagt ist es eine mögliche Grundidee der kontinuierlichen Kalibration, im eingebauten Zustand eines Sensors im Fahrzeug einen Kalibrationsstrom bzw. Kalibrierstrom zu erzeugen, der dann so geleitet wird, dass dieser einen
35 Spannungsabfall an einem hochgenauen Vorwiderstand bzw. Referenzshunt wie auch am Messwiderstand bzw. Messshunt generiert. Dieser Spannungsabfall kann so kontinuierlich

differenziell gemessen und die beiden Spannungen können ins Verhältnis gesetzt werden.

5 Wenn dies bei allen bekannten Lastfällen und Temperaturbereichen geschieht, können so die schlechteren spezifischen Eigenschaften des manganinlosen Messshuntmaterials kompensiert werden.

10 Ausgehend davon soll der Referenzwiderstand nur minimales Alterungsverhalten und Temperaturgang aufweisen. Dies wird begünstigt, da dieser nur gering thermisch belastet wird und nur kleine Ströme fließen.

15 Die Problematik und Schwierigkeit bei dieser Methode der kontinuierlichen Kalibration mittels Kalibrierstrom über einen Referenzwiderstand besteht aber darin, dass über den zu kalibrierenden Messshunt sowohl der Kalibrierstrom wie auch der Laststrom fließt. Diese beiden Ströme addieren sich und es entsteht ein Mischstrom. Der so entstandene Mischstrom beinhaltet Anteile von beiden Signalen, die nur schwer wieder
20 voneinander zu trennen sind.

Hier setzt die Erfindung an. Der Laststrom wird zunächst über dem Messwiderstand aufgeteilt und der Kalibrierstrom wird in den Messshunt derart eingespeist, dass dieser in unterschiedlicher
25 Größe über den aufgeteilten Messwiderstand fließt. Durch eine einfache Subtraktion der Teillastströme kann beispielsweise der Kalibrierstrompuls wieder vom Laststrom extrahiert werden.

30 Diese Verfahren stellt eine einfache und kostengünstige Methode dar, um das Kalibrierstromsignal vom Laststrom zu trennen. Weiter unten ist ein Beispiel dieser Methode durchgerechnet und zugehörige Simulationsergebnisse werden dargestellt.

35 Das erfindungsgemäße Verfahren kann es beispielsweise erlauben, den erzeugten Kalibrierstrom vom Laststrom so zu trennen, dass das eigentliche Kalibrierstromsignal nahezu ohne Überlagerungen für die weitere Berechnung herangezogen werden kann. Zudem stellt

es eine einfache, schnelle und kostengünstige Lösung dar, die relevanten Spannungsabfälle aus dem Mischstrom zu extrahieren.

Das Verfahren dieser Signalextraktion beruht beispielsweise
5 zumindest in manchen Ausführungen auf der Methode der parallelen
Messung am Messshunt, bei gleichzeitig anliegenden identischen
Laststromsignalen. Der Trick kann beispielsweise sein, dass sich
der Laststrom zu gleichen Teilen und der Kalibrierstrom ungleich
über die Teilwiderstände verteilt. Subtrahiert man die
10 Teillastströme, so bleibt ein Teil des Kalibrierstrompulses
übrig.

Im Detail kann beispielsweise das kleinere Widerstandselement
mit einem großen Anteil des Kalibrierstrompulses plus Laststrom
15 durchflossen werden und das größere Widerstandselement kann mit
einem im Verhältnis kleineren Anteil des Kalibrierstrompulses
plus gleichem Anteil an Laststrom durchflossen werden.

Weitere Merkmale und Vorteile wird der Fachmann den nachfolgend
20 mit Bezug auf die beigefügte Zeichnung beschriebenen
Ausführungsbeispielen entnehmen. Dabei zeigen:

Fig. 1a bis 1e: Beispielhafte Ausführungen und
Beschaltungen einer Messwiderstandsanordnung zur Durchführung
25 des erfindungsgemäßen Verfahrens,
Fig. 2a bis 2g: Beispielhafte Ausführungen einer
Messwiderstandsanordnung,
Fig. 3: Ein Prinzipschaltbild, welches zur Illustration des
Verfahrens dient, und
30 Fig. 4a bis 4k: Graphen zur Illustration des Verfahrens und
einer Simulation.

Die Figuren 1a bis 1e zeigen Ausführungsbeispiele einer
Messwiderstandsgruppe, welche bis zu vier Messwiderstände
35 aufweist. Dabei werden grundsätzlich ein erster Messwiderstand
mit R1, ein zweiter Messwiderstand mit R2, ein dritter
Messwiderstand mit R3 und ein vierter Messwiderstand mit R4
bezeichnet.

Die Messwiderstände sind an jeweiligen Verbindungspunkten untereinander und mit externen Komponenten verbunden. Die Verbindungspunkte sind mit den Bezugszeichen V1 für einen ersten
5 Verbindungspunkt, V2 für einen zweiten Verbindungspunkt, V3 für einen dritten Verbindungspunkt, V4 für einen vierten Verbindungspunkt, V5 für einen fünften Verbindungspunkt, VW für einen weiteren Verbindungspunkt und VNW für einen noch weiteren Verbindungspunkt bezeichnet.

10

In die Messwiderstandsgruppe werden jeweils ein Laststrom I_L und ein Referenzstrom I_R eingeleitet, welche jeweils mit Pfeilen im jeweils linken Teil der Figuren eingezeichnet sind. Wie gezeigt wird der Referenzstrom I_R gepulst angelegt, während der Laststrom
15 I_L als veränderlicher Strom gezeigt ist, da dieser vom aktuellen Strombedarf von Verbrauchern, beispielsweise in einem Fahrzeug, abhängt.

20

In den jeweils rechten Teilen der Figuren sind jeweils auch die Bereiche gezeigt, über welche der erste Spannungspuls (U_{diff1}) und der zweite Spannungspuls (U_{diff2}) gemessen werden.

25

Bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 1a wird der Laststrom über die Widerstände R2 parallel zu R1 und R3 geführt. Der Kalibrierstrom fließt über den Widerstand R1 parallel R3 und R2. Gemessen werden dabei die Spannungen U_{diff1} und U_{diff2} wie eingezeichnet. Diese werden dann entsprechend ihres Widerstandsverhältnissen voneinander abgezogen.

30

Dieses Verfahren kann in verschiedenen Widerstandsnetzwerken umgesetzt, gemessen und verrechnet werden. Darüber hinaus ist diese Methode unabhängig davon, wie der Kalibrierstrompuls erzeugt wird und auch unabhängig von der Art des Laststromes, da der Laststrom in den Messwiderständen nahezu identisch anliegt.

35

Nachfolgend werden die einzelnen Ausführungsbeispiele der Figuren 1a bis 1e beschrieben. Dabei wird insbesondere auch auf die Verschaltung der Widerstände sowie auf die Aufteilung der

Widerstände auf Pfade, also einen ersten Pfad und einen zweiten Pfad, eingegangen.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 1a ist vorgesehen,

- 5 - dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand R1 und seriell dazu den dritten Messwiderstand R3 aufweist,
- dass der erste Messwiderstand R1 und der dritte Messwiderstand R3 am ersten Verbindungspunkt V1 miteinander verbunden sind,
- 10 - dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand R2 aufweist,
- dass der dritte Messwiderstand R3 und der zweite Messwiderstand R2 am dritten Verbindungspunkt V3 miteinander verbunden sind, und
- dass der erste Messwiderstand R1 und der zweite
- 15 Messwiderstand R2 am zweiten Verbindungspunkt V2 miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt V4 bildet.

Die Nomenklatur der Verbindungspunkte wurde so gewählt, um der

20 oben gewählten Definition des ersten Spannungspulses und des zweiten Spannungspulses Rechnung zu tragen. Dabei wird der erste Spannungspuls entsprechend der eingezeichneten ersten Spannungsdifferenz U_{diff1} zwischen dem ersten Verbindungspunkt V1 und dem zweiten Verbindungspunkt V2 gemessen, und der zweite

25 Spannungspuls wird entsprechend der eingezeichneten zweiten Spannungsdifferenz U_{diff2} zwischen dem dritten Verbindungspunkt V3 und dem vierten Verbindungspunkt V4 gemessen. Dies gilt für alle gezeigten Ausführungsbeispiele.

- 30 Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 1b ist vorgesehen,
- dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand R1, seriell dazu den dritten Messwiderstand R3 und seriell dazu den vierten Messwiderstand R4 aufweist,
 - dass der erste Messwiderstand R1 und der dritte
 - 35 Messwiderstand R3 am ersten Verbindungspunkt V1 miteinander verbunden sind,

- dass der erste Messwiderstand R1 und der vierte Messwiderstand R4 am zweiten Verbindungspunkt V2 miteinander verbunden sind,
- dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand R2 aufweist,
- 5 - dass der dritte Messwiderstand R3 und der zweite Messwiderstand R2 am dritten Verbindungspunkt V3 miteinander verbunden sind, und
- dass der vierte Messwiderstand R4 und der zweite Messwiderstand R2 am vierten Verbindungspunkt V4 miteinander
- 10 verbunden sind.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 1c ist vorgesehen,

- dass der erste Messwiderstand R1 und der zweite Messwiderstand R2 seriell zueinander geschaltet sind,
- 15 - dass der erste Messwiderstand R1 und der zweite Messwiderstand R2 am ersten Verbindungspunkt V1 miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt V4 bildet,
- dass der zweite Verbindungspunkt V2 ein dem ersten
- 20 Verbindungspunkt V1 gegenüberliegender Pol des ersten Messwiderstands R1 ist, und
- dass der dritte Verbindungspunkt V3 ein dem vierten Verbindungspunkt V4 gegenüberliegender Pol des zweiten Messwiderstands R2 ist.

25

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist im Gegensatz zu den anderen Ausführungsbeispielen lediglich ein Pfad vorgesehen.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 1d ist vorgesehen,

- 30 - dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand R1 und seriell dazu den dritten Messwiderstand R3 aufweist,
- dass der erste Messwiderstand R1 und der dritte Messwiderstand R3 am ersten Verbindungspunkt V1 miteinander verbunden sind,
- 35 - dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand R2 und seriell dazu den vierten Messwiderstand R4 aufweist,

- dass der zweite Messwiderstand R2 und der vierte Messwiderstand R4 am dritten Verbindungspunkt V3 miteinander verbunden sind,
- dass der dritte Messwiderstand R3 und der vierte Messwiderstand R4 an einem fünften Verbindungspunkt V5 miteinander verbunden sind, und
- dass der erste Messwiderstand R1 und der zweite Messwiderstand R2 am zweiten Verbindungspunkt V2 miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt V4 bildet.

Gemäß dem Ausführungsbeispiel von Figur 1e ist vorgesehen,

- dass der erste Pfad den ersten Messwiderstand R1 und seriell dazu den dritten Messwiderstand R3 aufweist,
- dass der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand R2 und seriell dazu den vierten Messwiderstand R4 aufweist,
- dass der erste Messwiderstand R1 und der dritte Messwiderstand R3 am ersten Verbindungspunkt V1 miteinander verbunden sind,
- dass der zweite Messwiderstand R2 und der vierte Messwiderstand R4 am zweiten Verbindungspunkt V2 miteinander verbunden sind,
- dass der dritte Messwiderstand R3 und der vierte Messwiderstand R4 an einem weiteren Verbindungspunkt VW miteinander verbunden sind, und
- dass der erste Messwiderstand R1 und der zweite Messwiderstand R2 an noch einem weiteren Verbindungspunkt VNW miteinander verbunden sind.

Damit wird bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 1e lediglich ein Spannungspuls entsprechend der eingezeichneten ersten Spannungsdifferenz U_{diff1} gemessen. Es hat sich gezeigt, dass dies für eine Messung ausreicht. Auf eine zweite Messung und den damit verbundenen Aufwand kann somit verzichtet werden.

35

In diesem Fall kann auch von einer weiteren Möglichkeit für die Anwendung der Methode „gleich verteilter Laststrom, ungleich verteilter Kalibrierstrompuls“ gesprochen werden, wobei der

Spannungsabfall einfach differenziell gemessen wird. In diesem Schaltungsbeispiel von Figur 1e wird der Laststrom über die Widerstände R2 und R4 parallel zu R1 und R3 geführt. Der Kalibrierstrom fließt über den Widerstand R1 parallel R3, R4 und R2. Gemessen wird dann die differenzielle Spannung U_{diff1} . Ein Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass der Puls mit einer höheren Auflösung gemessen werden kann. Wie bei der Wheatstone'schen Messbrücke oder H-Messbrücke wird hier die Differenzspannung erfasst.

10

Eine zeitsynchrone Messung aller Messsignale ist grundsätzlich vorteilhaft. Der Widerstandswert bzw. das Widerstandsverhältnis der relevanten Widerstände wird dabei typischerweise so gewählt, dass eine Verrechnung und Extraktion des relevanten Messsignals ohne Laststromanteil möglich und sinnvoll ist.

15

Eine Option für die Signalerfassung bietet ein Lock-In-Verstärker. Dieser Verstärker bietet eine Möglichkeit, sehr schwache Analogsignale zu messen und hat eine sehr gute Unterdrückung von Rauschen und Offset. Ein weiterer Vorschlag für die Signalerfassung wäre die Methode der Modulation und Demodulation (Analog Spectrum Modulation).

20

Bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 1a, 1b und 1d kann von einem parallelen differentiellen Spannungsabgriff gesprochen werden.

25

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 1c kann von einem seriellen differentiellen Spannungsabgriff gesprochen werden.

30

Bei dem Ausführungsbeispiel der Figur 1e kann von einem einfachen differentiellen Spannungsabgriff gesprochen werden.

35

In den Figuren 2a bis 2g sind unterschiedliche Ausführungen von Widerstandsgruppen gezeigt, welche als flächige Widerstandselemente mit jeweils geeignetem Spannungsabgriff ausgeführt sind. Es sei jedoch verstanden, dass diese nur beispielhaft gezeigt sind und auch zahlreiche andere

Ausführungen denkbar sind. Die gezeigten Anschlüsse entsprechen dabei typischerweise jeweiligen Verbindungspunkten.

Bei den Figuren 2a und 2b sind O-Shunts bzw. O-Widerstände mit
5 mechanisch getrennten Widerstandselementen gezeigt. Diese können auch als Schlitzshunts bezeichnet werden. Dabei zeigt Figur 2a einen O-Shunt mit Widerstandsverhältnis $1/3$ und Figur 2b zeigt einen O-Shunt mit Widerstandsverhältnis $1/2$.

10 Figur 2c zeigt einen Riegelshunt bzw. Riegelwiderstand mit Widerstandsverhältnis $1/2$. Ähnlich könnte auch ein Widerstandsverhältnis von $1/1$ realisiert werden, wenn beispielsweise die Abstände der Messpunkte verändert werden.

15 Figur 2d zeigt einen Widerstand mit Messbrücke, welche in Form von zwei nach rechts abstehenden, gut leitfähigen Flügeln realisiert ist. Als Widerstandsverhältnis kann hier beispielsweise wie gezeigt $1/2$ oder aber beispielsweise auch $1/1$ realisiert werden.

20 Figur 2e zeigt einen U-Shunt bzw. U-Widerstand mit Widerstandsverhältnis $1/3$. Ebenso könnte hier jedoch beispielsweise auch ein Widerstandsverhältnis von $1/2$ oder $1/1$ realisiert werden.

25 Figur 2f zeigt einen O-Shunt bzw. O-Widerstand mit Widerstandsverhältnis $1/1$.

Figur 2g zeigt einen O-Shunt mit Widerstandsverhältnis $1/1$. Im
30 Unterschied zu Figur 2f ist hier eine differentielle Messung vorgesehen.

Figur 3 zeigt eine beispielhafte Beschaltung für die Simulation eines Schaltungsbeispiels, welche nachfolgend mit Bezug auf die
35 Figuren 4a bis 4k erläutert wird. Hinsichtlich des Aufbaus orientiert sich diese Beschaltung an dem Ausführungsbeispiel von Figur 1a. Bezüglich der Details sei auf die Beschreibung in der Figur verwiesen. Insbesondere sei angemerkt, dass zur Messung

eines Kalibrierstroms ein Vorwiderstand bzw. Referenzwiderstand bzw. Referenzshunt R_{ref} vorgesehen ist.

Für das Beispiel wurden dabei folgende Widerstandswerte
5 verwendet:

$$R_1 = R_3 = 100 \text{ } \square \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 200 \text{ } \square \text{ Ohm}$$

10 Beide Pfade haben somit einen identischen Widerstand. Der Gesamtwiderstand beträgt $100 \text{ } \square \text{ Ohm}$.

Die Figuren 4a bis 4k sind jeweils als zeitabhängige Graphen dargestellt, wobei die Zeitachse jeweils der horizontalen Achse entspricht.

15

Figur 4a zeigt einen Strompuls. Es handelt sich hierbei um einen Kalibrierstrompuls.

20 Figur 4b zeigt einen anliegenden Laststrom über einem Gesamtwiderstand der Messwiderstandsbaugruppe von $100 \text{ } \square \text{ Ohm}$.

Figur 4c zeigt einen anliegenden Mischstrom über dem zweiten Messwiderstand R_2 , wobei sich Laststrom und Kalibrierstrom addieren.

25

Der durch den Kalibrierstrompuls erzeugte Spannungsabfall ist bei schnellen Laststromänderungen typischerweise schwierig zu detektieren und zu messen. Die abfallende Spannung, welche auf den Kalibrierstrom zurückgeht, liegt in der Größenordnung von μV
30 im Vergleich zu Lastströmen in der Größenordnung von mV .

Figur 4d zeigt einen anliegenden Mischstrom über dem ersten Messwiderstand R_1 , wobei sich ebenfalls Laststrom und Kalibrierstrom addieren.

35

Die Aufteilung des Laststroms auf die Pfade erfolgt entsprechend der Spannung nach der Knotenregel zu gleichen Teilen, da wie bereits erwähnt die Widerstände der Pfade gleich sind.

Die Figur 4e zeigt einen Spannungsabfall am ersten Messwiderstand R1 (untere Kurve) und am zweiten Messwiderstand R2 (obere Kurve). Des Weiteren ist ein enges Zeitfenster ZOOM 1 dargestellt,
5 welches in Figur 4f näher dargestellt ist. Dabei zeigt in Figur 4f die untere Kurve den Spannungsabfall am Referenzwiderstand bzw. Vorwiderstand Rref, während die obere Kurve den Spannungsabfall am zweiten Messwiderstand R2 und die mittlere Kurve den Spannungsabfall am ersten Messwiderstand R1 zeigen.

10

Auch in Figur 4f ist ein enges Zeitfenster ZOOM 2 dargestellt. Dieses ist in Figur 4g näher dargestellt. Dabei zeigt die untere Kurve den Spannungsabfall am ersten Messwiderstand R1 und die obere Kurve zeigt den Spannungsabfall am zweiten Messwiderstand
15 R2. Es ist zu sehen, dass der Spannungsabfall, welcher auf dem Kalibrierstrompuls bzw. Kalibrationsstrompuls beruht, nur schwach zu erkennen ist.

15

Eine resultierende Spannung U_{res} zur Auswertung kann nur
20 folgendermaßen berechnet werden:

20

$$U_{res} = (U_{diff1} * 2) - U_{diff2}$$

Bei dieser Berechnung wird der Spannungsabfall an R1 auf das
25 gleiche Niveau wie bei R2 gebracht.

25

Bei dem gegebenen Beispiel, mit den Verhältnis der beiden Widerstandselemente $100\mu\text{Ohm}$ zu $200\mu\text{Ohm}$, erfolgt dies mit einer einfachen Multiplikation mit 2, d.h. U_{diff1} wird mit 2
30 multipliziert. Somit ist der Anteil des durch den Laststrom hervorgerufenen Spannungsabfalls bei beiden Widerständen gleich groß. Durch die Multiplikation mit 2 wird der Anteil der durch den Kalibrierstrompuls hervorgerufen wird ebenfalls verdoppelt, was sich positiv auf das resultierende Pulssignal auswirkt.

30

35

Da es durch die Mess- und besondere Schaltungsmethode bei dem ersten Messwiderstand R1 zu einem höheren Kalibrierstromfluss und somit zu einem höheren Spannungsabfall kommt, bleibt nach der

einfachen mathematischen Verrechnung, insbesondere Subtraktion der beiden differenziellen Spannungen, ein einfach zu detektierendes Pulssignal übrig.

5 Ein solches Signal, entsprechend dem oben definierten U_{ref} , ist in Figur 4h dargestellt. Dabei ist wiederum ein enges Zeitfenster ZOOM 3 eingezeichnet. Dieses Zeitfenster ist genauer in Figur 4i dargestellt. Dabei ist zu sehen, dass der Puls gut erkennbar ist. Die starke Überlagerung durch den Laststrom wurde somit
10 mathematisch vorteilhaft eliminiert. Das resultierende Signal beinhaltet ein einfach zu detektierendes Pulssignal. Der Laststromanteil kürzte sich in mit dieser Methode vollkommen heraus.

15 Es sei verstanden, dass die obige Vorgehensweise zur Verrechnung der Widerstandswerte allgemein angewendet werden kann, je nach bestimmten Widerstandswerten und/oder sonstigen Gegebenheiten. Die Verrechnung kann dabei digital, also mittels mathematischer Formeln und/oder Algorithmen implementiert sein, insbesondere in
20 einem programmierbaren Bauteil, sie kann jedoch beispielsweise auch analog und/oder schaltungstechnisch implementiert sein.

Die Figur 4j zeigt schließlich das Pulssignal ohne Laststrom am Referenzwiderstand R_{ref} (untere Kurve), am ersten Messwiderstand
25 R_1 (mittlere Kurve) und am zweiten Messwiderstand R_2 (obere Kurve).

Die Figur 4k zeigt Spannungen, welche durch den Kalibrierstropuls an den Widerständen R_1 und R_2 hervorgerufen
30 werden, sowie das oben beschriebene resultierende extrahierte Signal.

Insgesamt wurde mit dem eben beschriebenen Beispiel gezeigt, dass sich ein Kalibrierstropuls von einem überlagerten Nutzstropuls
35 gut trennen lässt, was zur Kalibration eines Messwiderstands vorteilhaft dienen kann, insbesondere zur schnellen und laufenden Kalibrierung während des Betriebs.

Erwähnte Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens können in der angegebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Sie können jedoch auch in einer anderen Reihenfolge ausgeführt werden. Das erfindungsgemäße Verfahren kann in einer seiner Ausführungen, 5 beispielsweise mit einer bestimmten Zusammenstellung von Schritten, in der Weise ausgeführt werden dass keine weiteren Schritte ausgeführt werden. Es können jedoch grundsätzlich auch weitere Schritte ausgeführt werden, auch solche welche nicht erwähnt sind.

10

Die zur Anmeldung gehörigen Ansprüche stellen keinen Verzicht auf die Erzielung weitergehenden Schutzes dar.

15

Sofern sich im Laufe des Verfahrens herausstellt, dass ein Merkmal oder eine Gruppe von Merkmalen nicht zwingend nötig ist, so wird anmelderseitig bereits jetzt eine Formulierung zumindest eines unabhängigen Anspruchs angestrebt, welcher das Merkmal oder die Gruppe von Merkmalen nicht mehr aufweist. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine Unterkombination eines am 20 Anmeldetag vorliegenden Anspruchs oder um eine durch weitere Merkmale eingeschränkte Unterkombination eines am Anmeldetag vorliegenden Anspruchs handeln. Derartige neu zu formulierende Ansprüche oder Merkmalskombinationen sind als von der Offenbarung dieser Anmeldung mit abgedeckt zu verstehen.

25

Es sei ferner darauf hingewiesen, dass Ausgestaltungen, Merkmale und Varianten der Erfindung, welche in den verschiedenen Ausführungen oder Ausführungsbeispielen beschriebenen und/oder in den Figuren gezeigt sind, beliebig untereinander kombinierbar 30 sind. Einzelne oder mehrere Merkmale sind beliebig gegeneinander austauschbar. Hieraus entstehende Merkmalskombinationen sind als von der Offenbarung dieser Anmeldung mit abgedeckt zu verstehen.

35

Rückbezüge in abhängigen Ansprüchen sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Diese Merkmale können auch beliebig mit anderen Merkmalen kombiniert werden.

Merkmale, die lediglich in der Beschreibung offenbart sind oder
5 Merkmale, welche in der Beschreibung oder in einem Anspruch nur
in Verbindung mit anderen Merkmalen offenbart sind, können
grundsätzlich von eigenständiger erfindungswesentlicher
Bedeutung sein. Sie können deshalb auch einzeln zur Abgrenzung
vom Stand der Technik in Ansprüche aufgenommen werden.
10

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Kalibrierstropulses an einer Messwiderstandsgruppe,

5 wobei die Messwiderstandsgruppe eine Anzahl von Messwiderständen (R1, R2, R3, R4) aufweist, welche an jeweiligen Verbindungspunkten (V) miteinander oder mit weiteren Komponenten verbunden sind,

wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

10 - Durchleiten eines Laststroms durch einen ersten Messwiderstand (R1) der Messwiderstandsgruppe und durch einen zweiten Messwiderstand (R2) der Messwiderstandsgruppe, gleichzeitig

15 - Durchleiten eines Kalibrierstroms durch zumindest den ersten Messwiderstand (R1), gleichzeitig

- Messen eines ersten Spannungspulses zwischen einem ersten Verbindungspunkt (V1) und einem zweiten Verbindungspunkt (V2), wobei der erste Verbindungspunkt (V1) unmittelbar mit dem ersten Messwiderstand (R1) verbunden ist, und

20 - Berechnen des Kalibrierstropulses basierend zumindest auf dem ersten Spannungspuls.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei

25 - der zweite Verbindungspunkt (V2) unmittelbar mit dem ersten Messwiderstand (R1) verbunden ist, so dass der erste Spannungspuls genau über dem ersten Messwiderstand (R1) gemessen wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches
30 ferner gleichzeitig zum Schritt des Messens des ersten Spannungspulses folgenden Schritt aufweist:

- Messen eines zweiten Spannungspulses zwischen einem dritten Verbindungspunkt (V3) und einem vierten Verbindungspunkt (V4), wobei der dritte Verbindungspunkt (V3) unmittelbar mit dem
35 zweiten Messwiderstand (R2) verbunden ist, und

- wobei der Kalibrierstropuls auch basierend auf dem zweiten Spannungspuls berechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei
- der vierte Verbindungspunkt (V4) unmittelbar mit dem zweiten Messwiderstand (R2) verbunden ist, so dass der zweite Spannungspuls genau über dem zweiten Messwiderstand (R2) gemessen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei
- der zweite Verbindungspunkt (V2) unmittelbar mit dem zweiten Messwiderstand (R2) verbunden ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei der Kalibrierstrompuls auch basierend auf einem Widerstandswert des ersten Messwiderstands (R1) und/oder einem Widerstandswert des zweiten Messwiderstands (R2) und/oder jeweiligen Widerstandswerten weiterer Messwiderstände (R3, R4) der Messwiderstandsgruppe berechnet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei der Kalibrierstrom seriell zum ersten Messwiderstand (R1) durch einen Referenzwiderstand (Rref) geleitet wird und ein Spannungsabfall über dem Referenzwiderstand (Rref) gemessen wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei der Laststrom in einen ersten Pfad und einen dazu parallelen zweiten Pfad aufgeteilt wird, vorzugsweise zu gleichen Teilen.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
- wobei der erste Pfad den ersten Messwiderstand (R1) und seriell dazu einen dritten Messwiderstand (R3) aufweist,
- wobei der erste Messwiderstand (R1) und der dritte Messwiderstand (R3) am ersten Verbindungspunkt (V1) miteinander verbunden sind,
- wobei der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand (R2) aufweist,

- wobei der dritte Messwiderstand (R3) und der zweite Messwiderstand (R2) am dritten Verbindungspunkt (V3) miteinander verbunden sind, und

5 - wobei der erste Messwiderstand (R1) und der zweite Messwiderstand (R2) am zweiten Verbindungspunkt (V2) miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt (V4) bildet.

10. Verfahren nach Anspruch 8,

10 - wobei der erste Pfad den ersten Messwiderstand (R1), seriell dazu einen dritten Messwiderstand (R3) und seriell dazu einen vierten Messwiderstand (R4) aufweist,

15 - wobei der erste Messwiderstand (R1) und der dritte Messwiderstand (R3) am ersten Verbindungspunkt (V1) miteinander verbunden sind,

- wobei der erste Messwiderstand (R1) und der vierte Messwiderstand (R4) am zweiten Verbindungspunkt (V2) miteinander verbunden sind,

20 - wobei der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand (V2) aufweist,

- wobei der dritte Messwiderstand (R3) und der zweite Messwiderstand (R2) am dritten Verbindungspunkt (V3) miteinander verbunden sind, und

25 - wobei der vierte Messwiderstand (R4) und der zweite Messwiderstand (R2) am vierten Verbindungspunkt (V4) miteinander verbunden sind.

11. Verfahren nach Anspruch 8,

30 - wobei der erste Pfad den ersten Messwiderstand (R1) und seriell dazu einen dritten Messwiderstand (R3) aufweist,

- wobei der erste Messwiderstand (R1) und der dritte Messwiderstand (R3) am ersten Verbindungspunkt (V1) miteinander verbunden sind,

35 - wobei der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand (R2) und seriell dazu einen vierten Messwiderstand (R4) aufweist,

- wobei der zweite Messwiderstand (R2) und der vierte Messwiderstand (R4) am dritten Verbindungspunkt (V3) miteinander verbunden sind,

- wobei der dritte Messwiderstand (R3) und der vierte Messwiderstand (R4) an einem fünften Verbindungspunkt (V5) miteinander verbunden sind, und

5 - wobei der erste Messwiderstand (R1) und der zweite Messwiderstand (R2) am zweiten Verbindungspunkt (V2) miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt (V4) bildet.

12. Verfahren nach Anspruch 8,

10 - wobei der erste Pfad den ersten Messwiderstand (R1) und seriell dazu einen dritten Messwiderstand (R3) aufweist,

- wobei der zweite Pfad den zweiten Messwiderstand (R2) und seriell dazu einen vierten Messwiderstand (R4) aufweist,

15 - wobei der erste Messwiderstand (R1) und der dritte Messwiderstand (R3) am ersten Verbindungspunkt (V1) miteinander verbunden sind,

- wobei der zweite Messwiderstand (R2) und der vierte Messwiderstand (R4) am zweiten Verbindungspunkt (V2) miteinander verbunden sind,

20 - wobei der dritte Messwiderstand (R3) und der vierte Messwiderstand (R4) an einem weiteren Verbindungspunkt (VW) miteinander verbunden sind, und

25 - wobei der erste Messwiderstand (R1) und der zweite Messwiderstand (R2) an noch einem weiteren Verbindungspunkt (VNW) miteinander verbunden sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

- wobei der erste Messwiderstand (R1) und der zweite Messwiderstand (R2) seriell zueinander geschaltet sind,

30 - wobei der erste Messwiderstand (R1) und der zweite Messwiderstand (R2) am ersten Verbindungspunkt (V1) miteinander verbunden sind, welcher gleichzeitig den vierten Verbindungspunkt (V4) bildet,

35 - wobei der zweite Verbindungspunkt (V2) ein dem ersten Verbindungspunkt (V1) gegenüberliegender Pol des ersten Messwiderstands (R1) ist, und

- wobei der dritte Verbindungspunkt (V3) ein dem vierten Verbindungspunkt (V4) gegenüberliegender Pol des zweiten Messwiderstands (R2) ist.

5 14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

- wobei der Kalibrierstrom am ersten Verbindungspunkt (V1) in die Messwiderstandsgruppe eingeleitet wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

10 - wobei die Messwiderstände (R1, R2, R3, R4) der Messwiderstandsgruppe als Teilbereiche eines flächigen Widerstands ausgeführt sind.

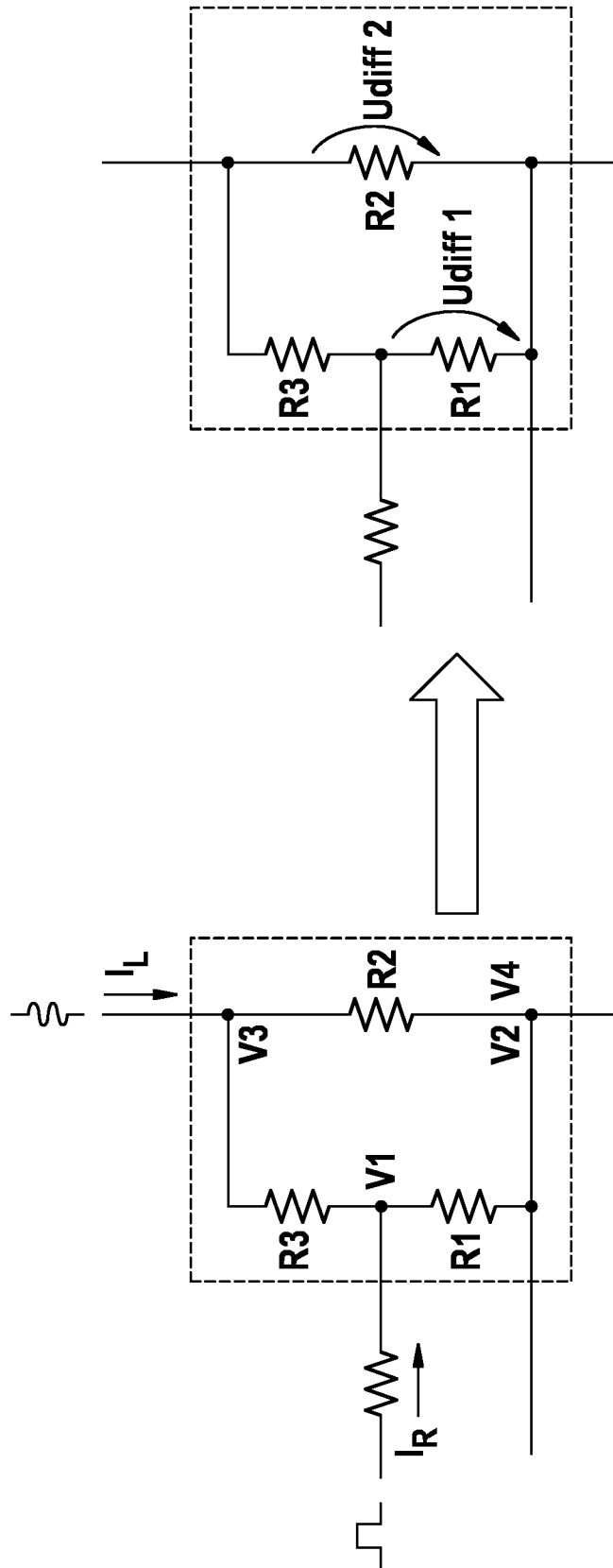


Fig. 1a

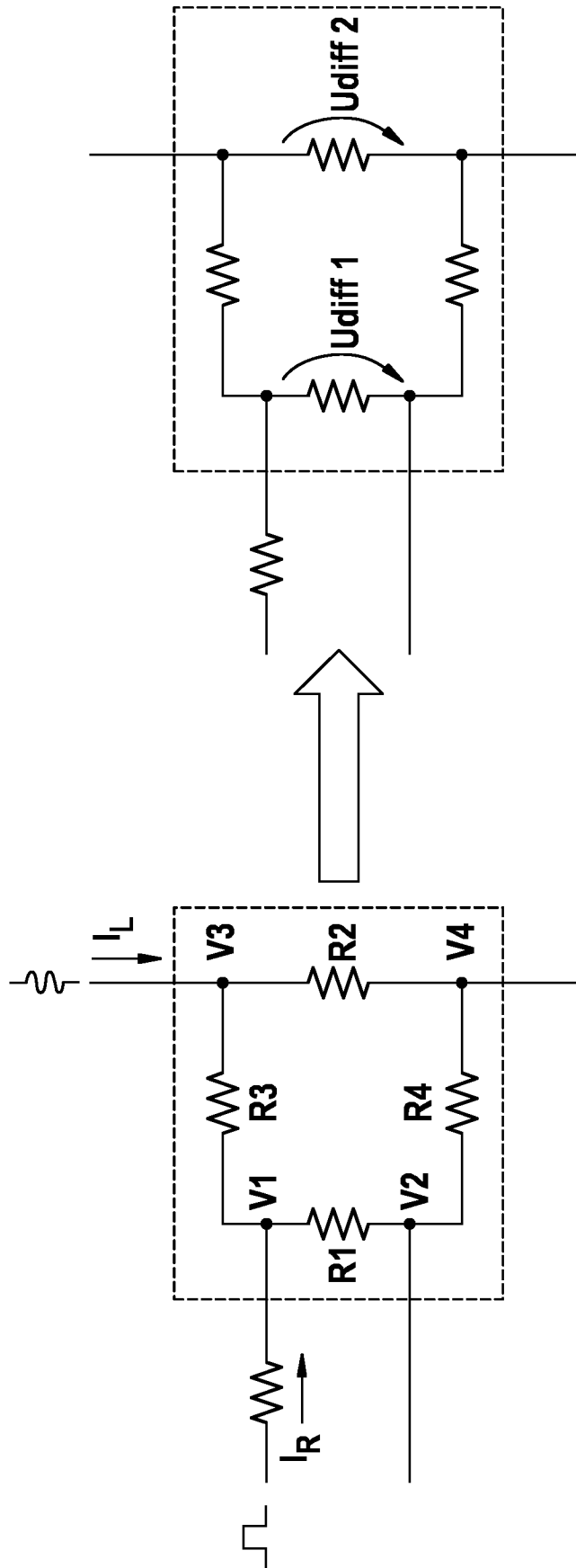


Fig. 1b

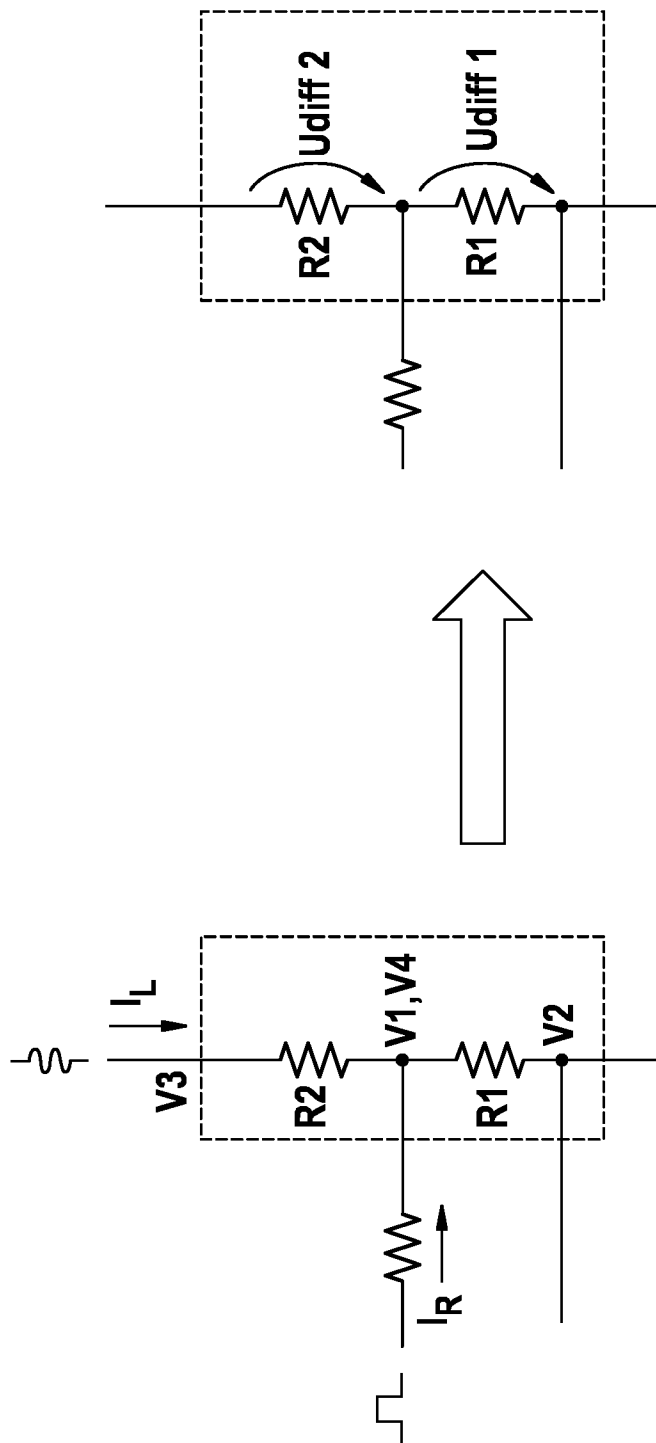


Fig. 1c

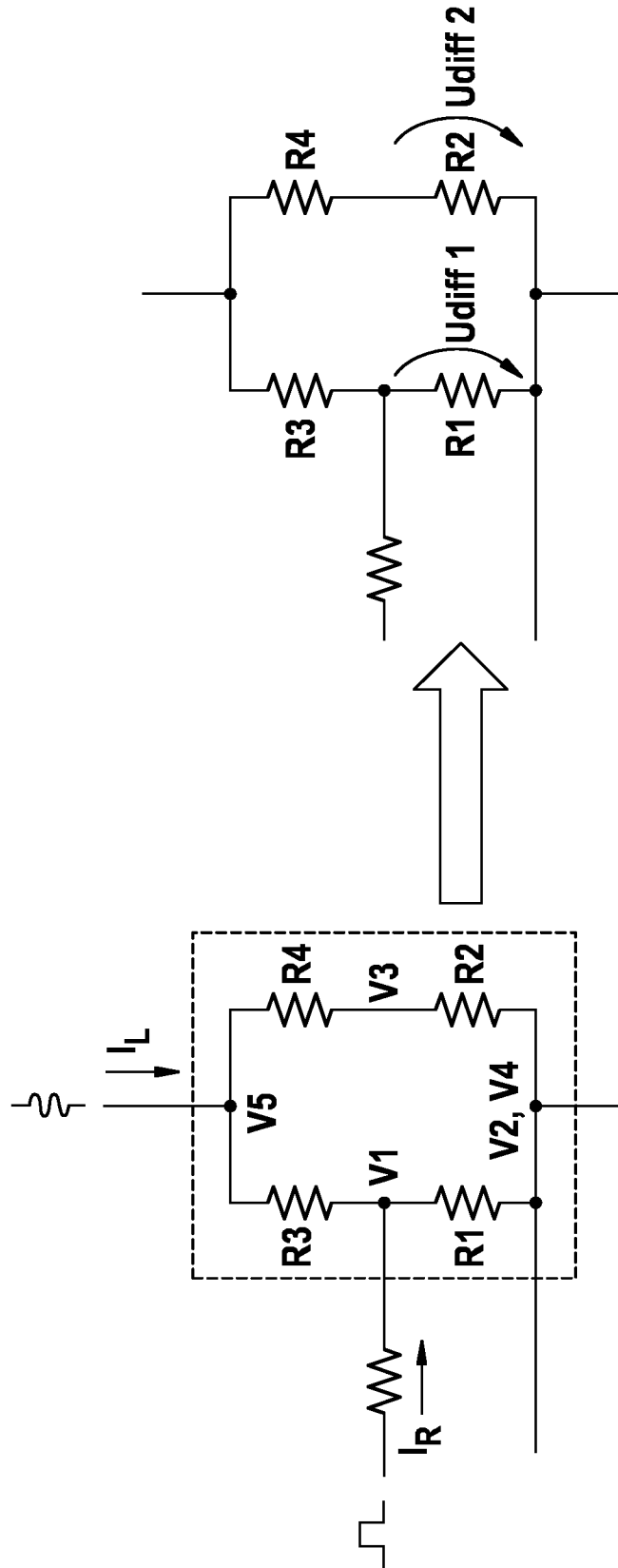


Fig. 1d

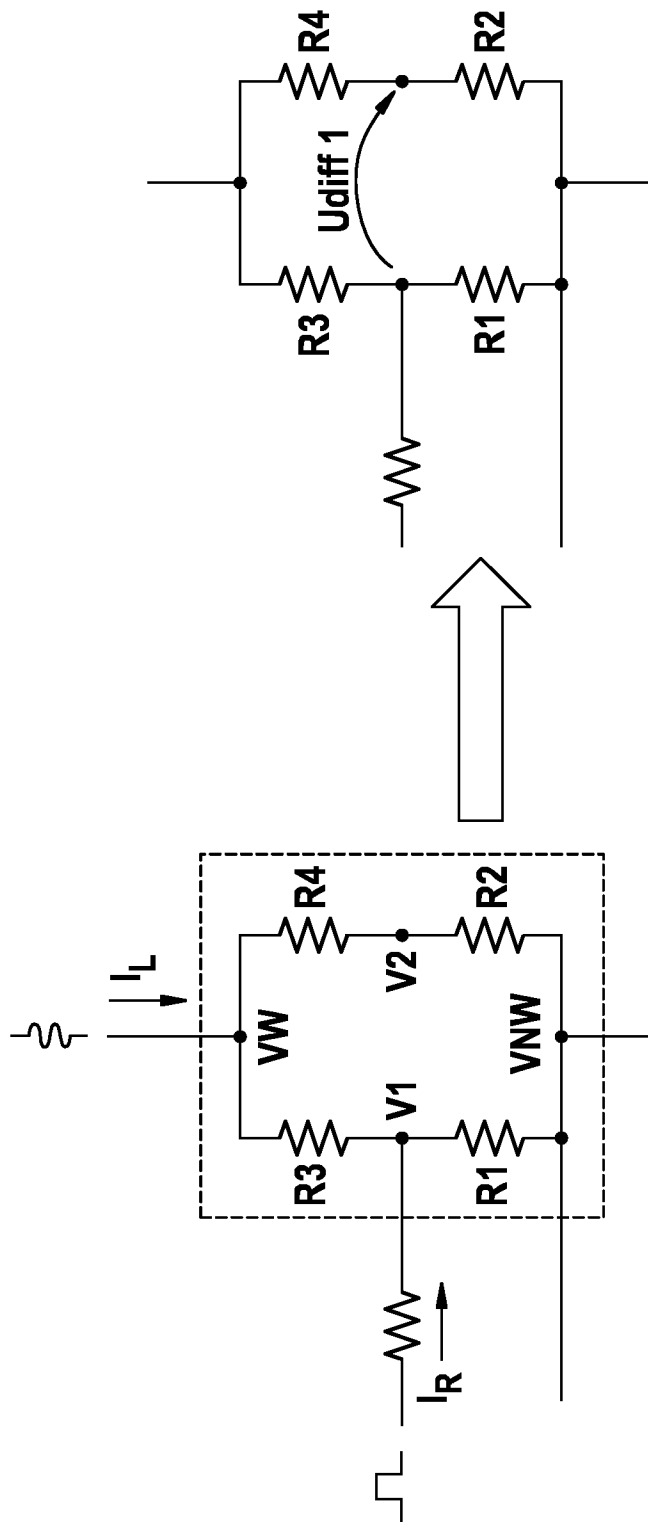


Fig. 1e

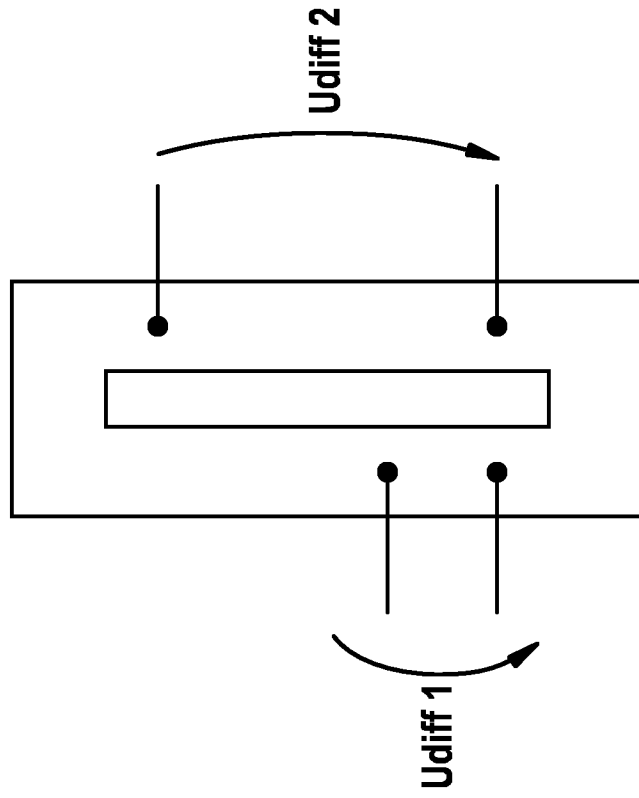


Fig. 2b

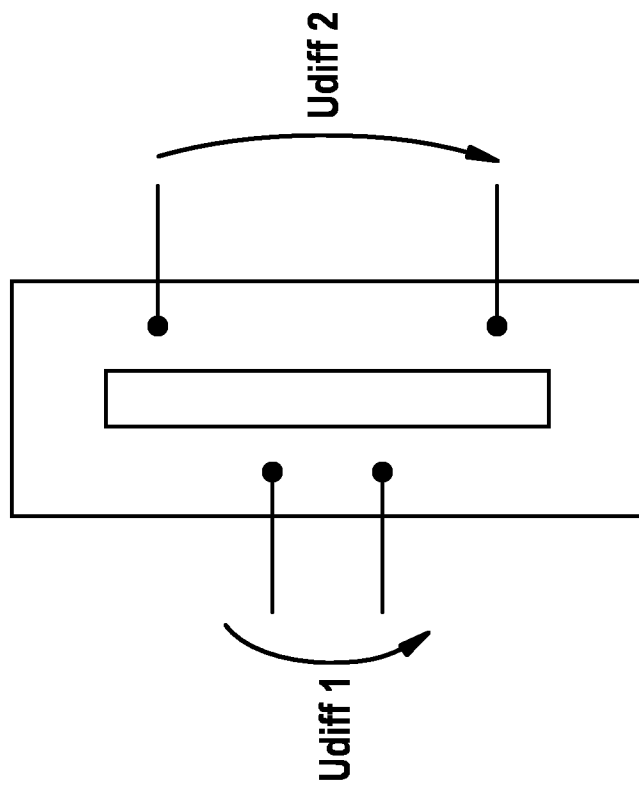


Fig. 2a

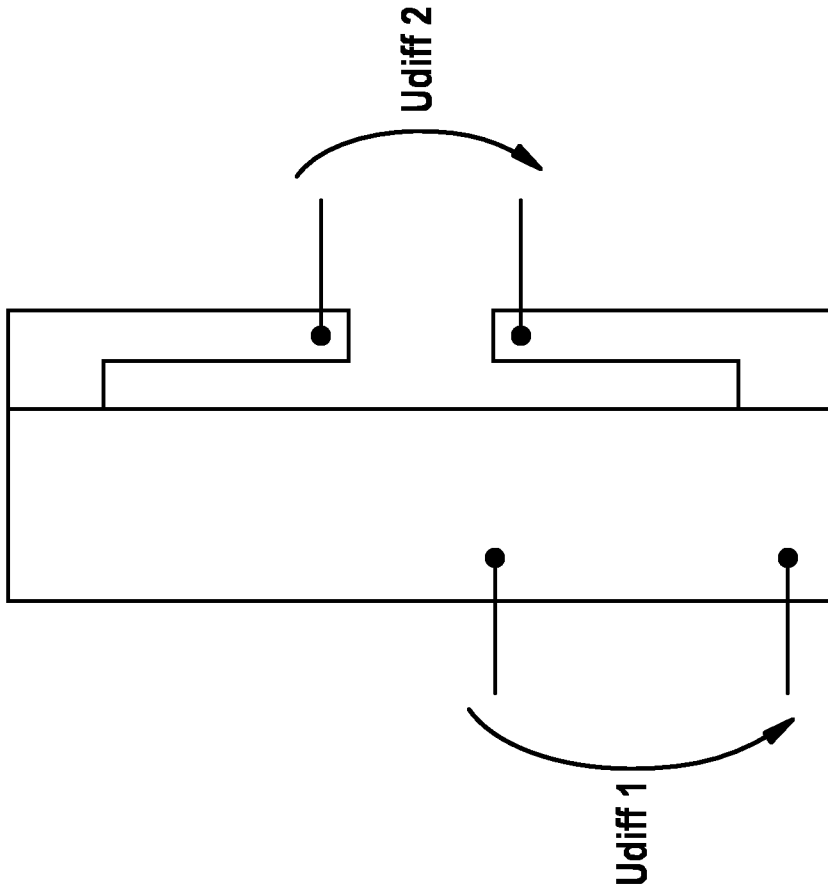


Fig. 2d

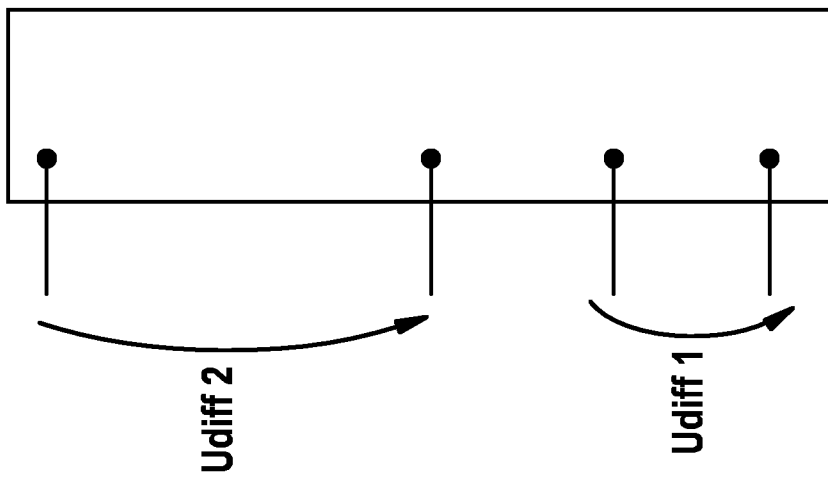


Fig. 2c

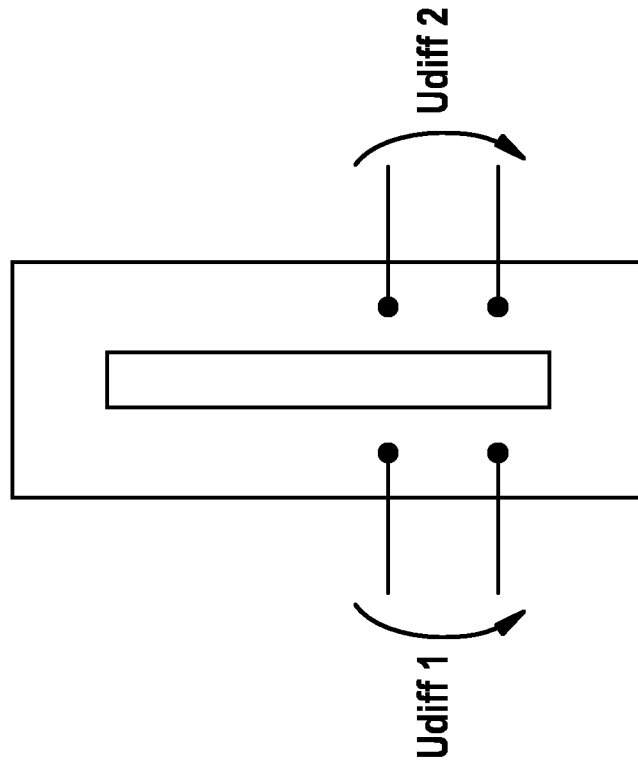


Fig. 2f

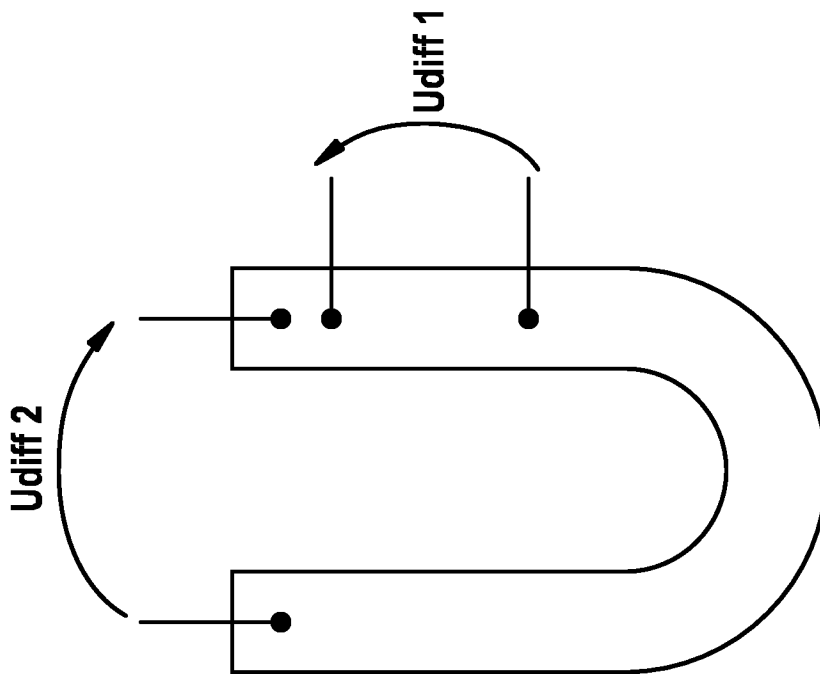


Fig. 2e

9 / 20

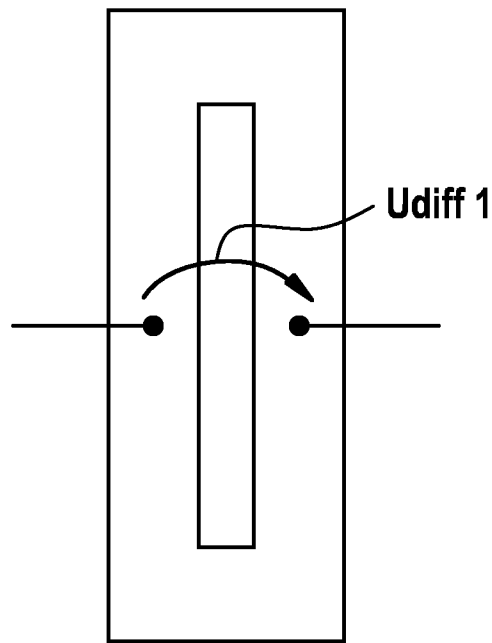


Fig. 2g

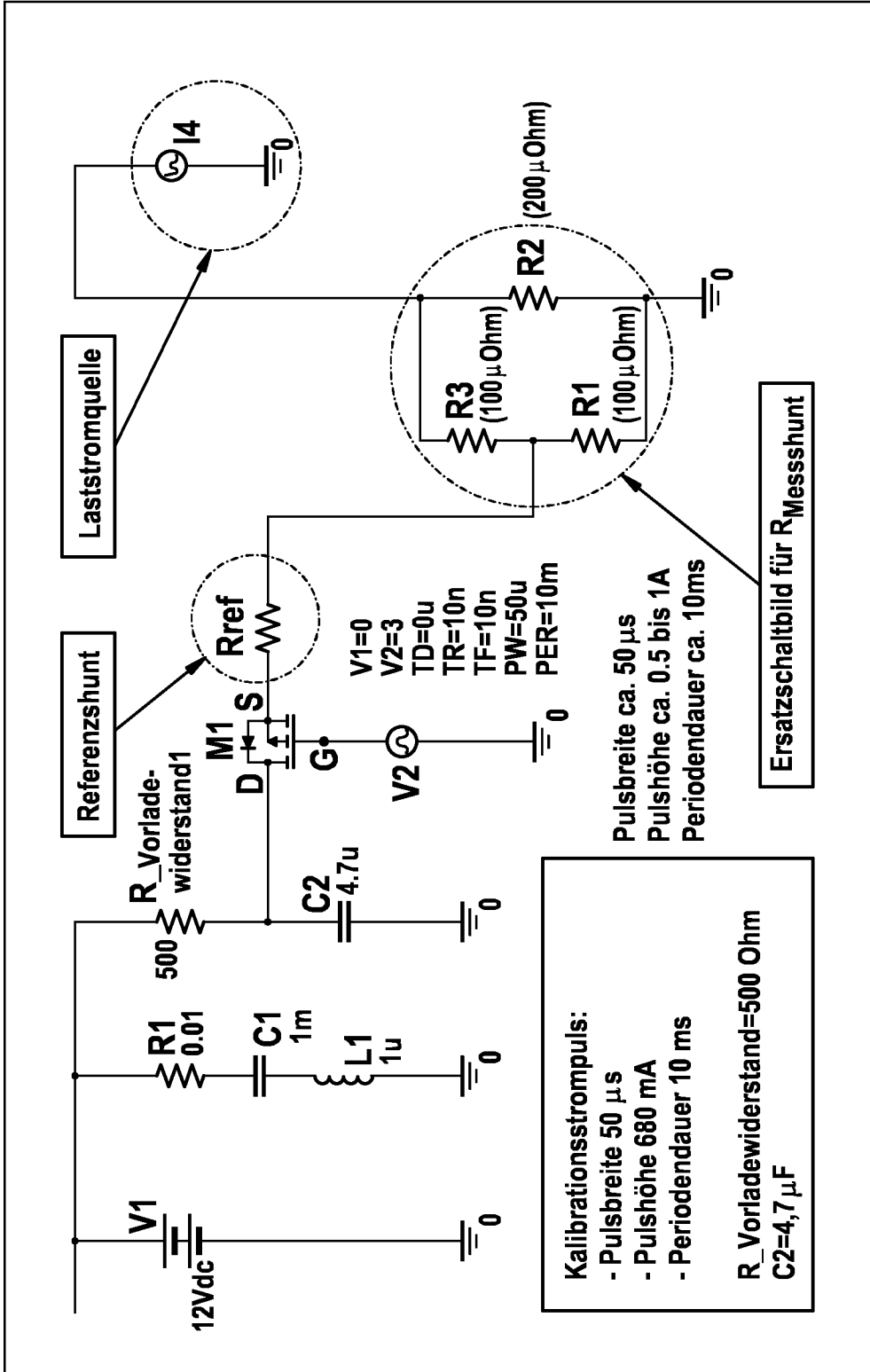


Fig. 3

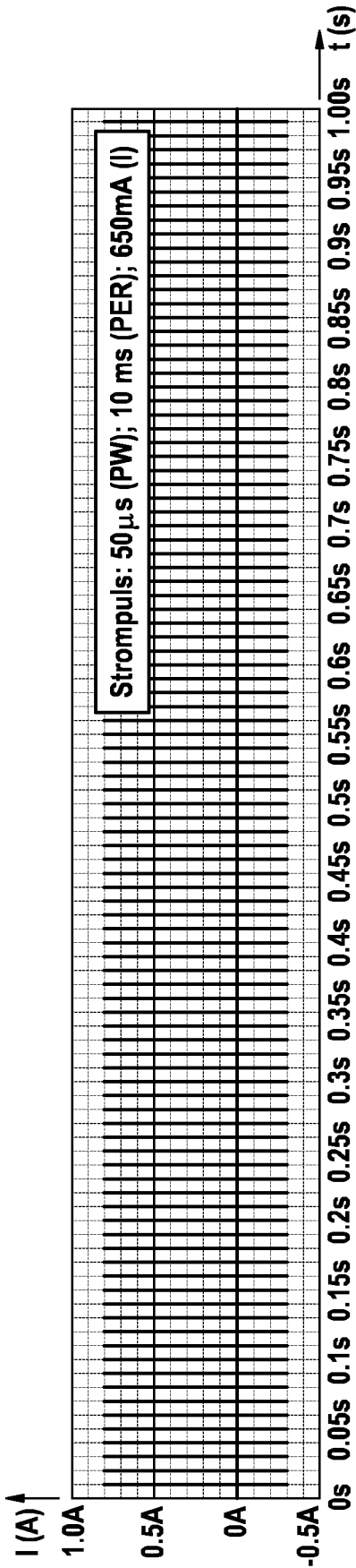


Fig. 4a

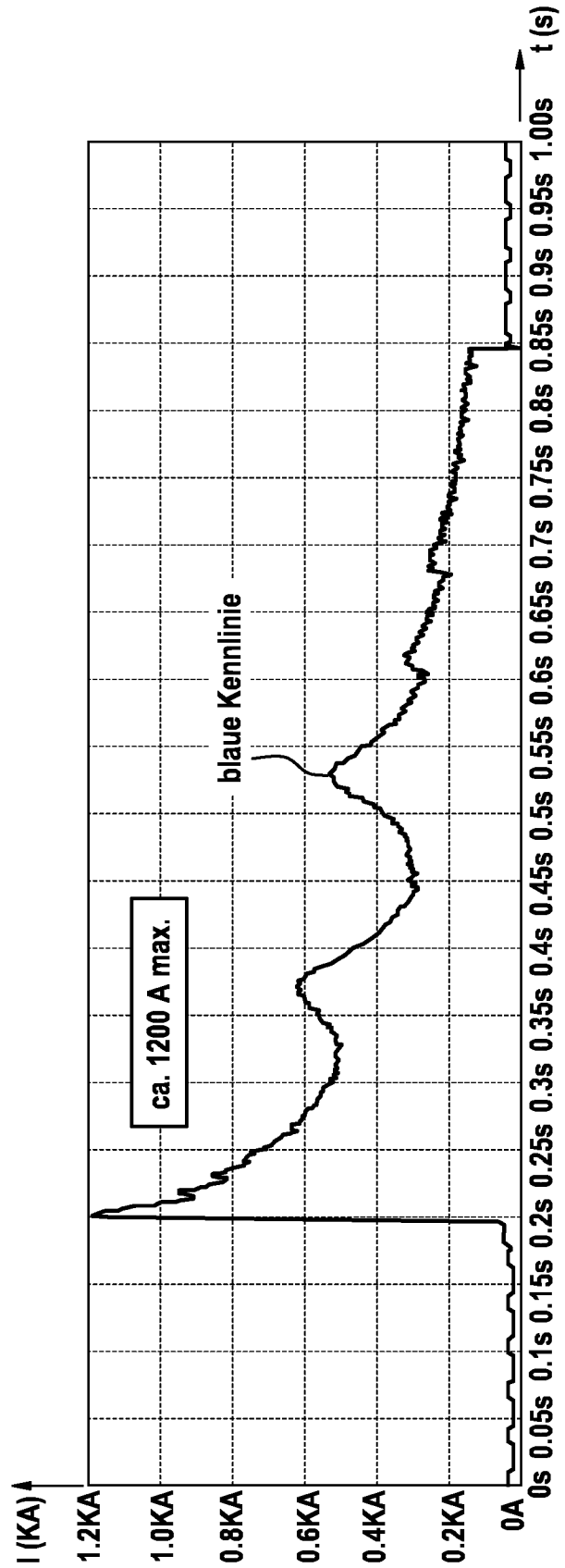


Fig. 4b

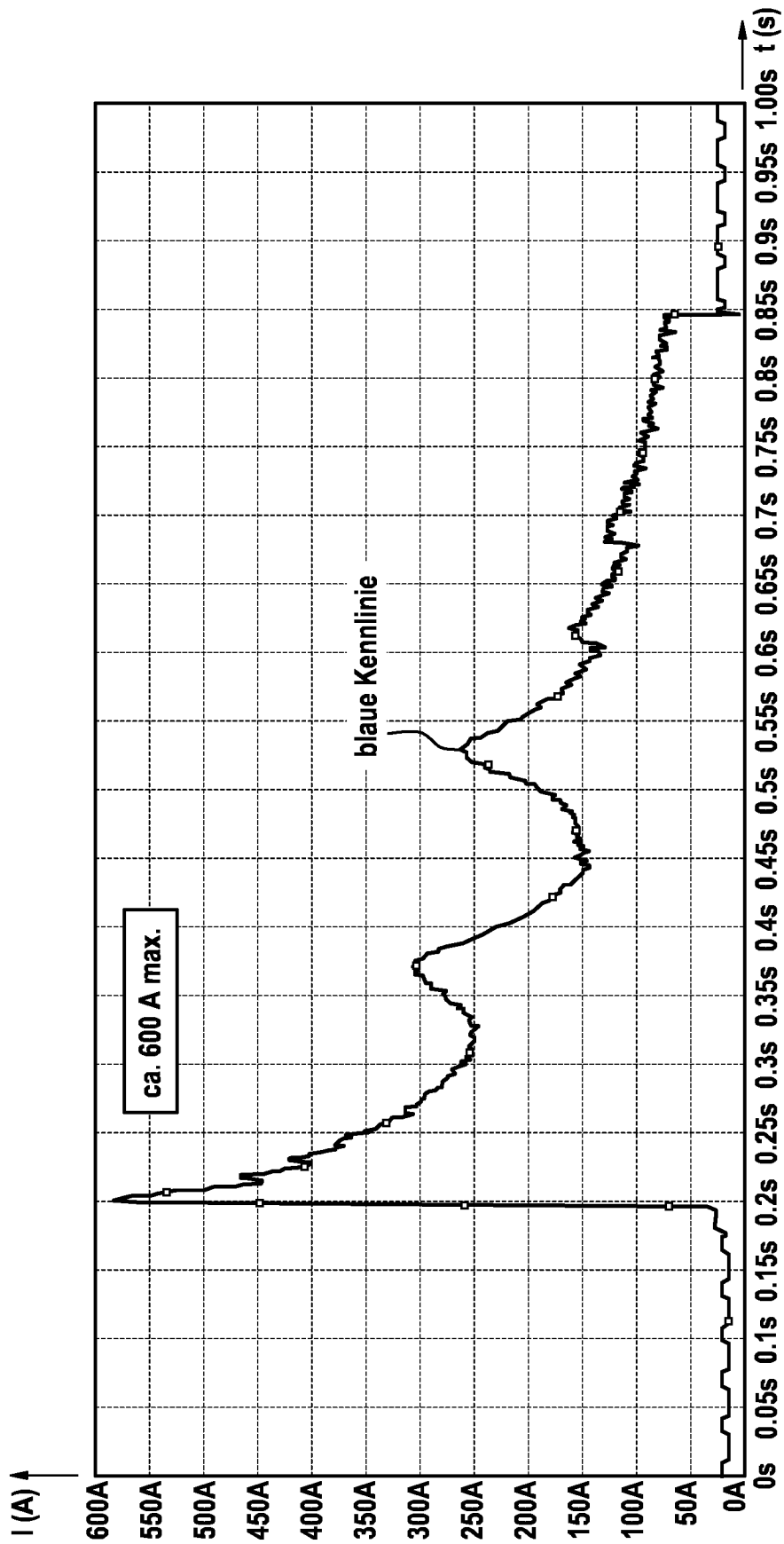


Fig. 4c

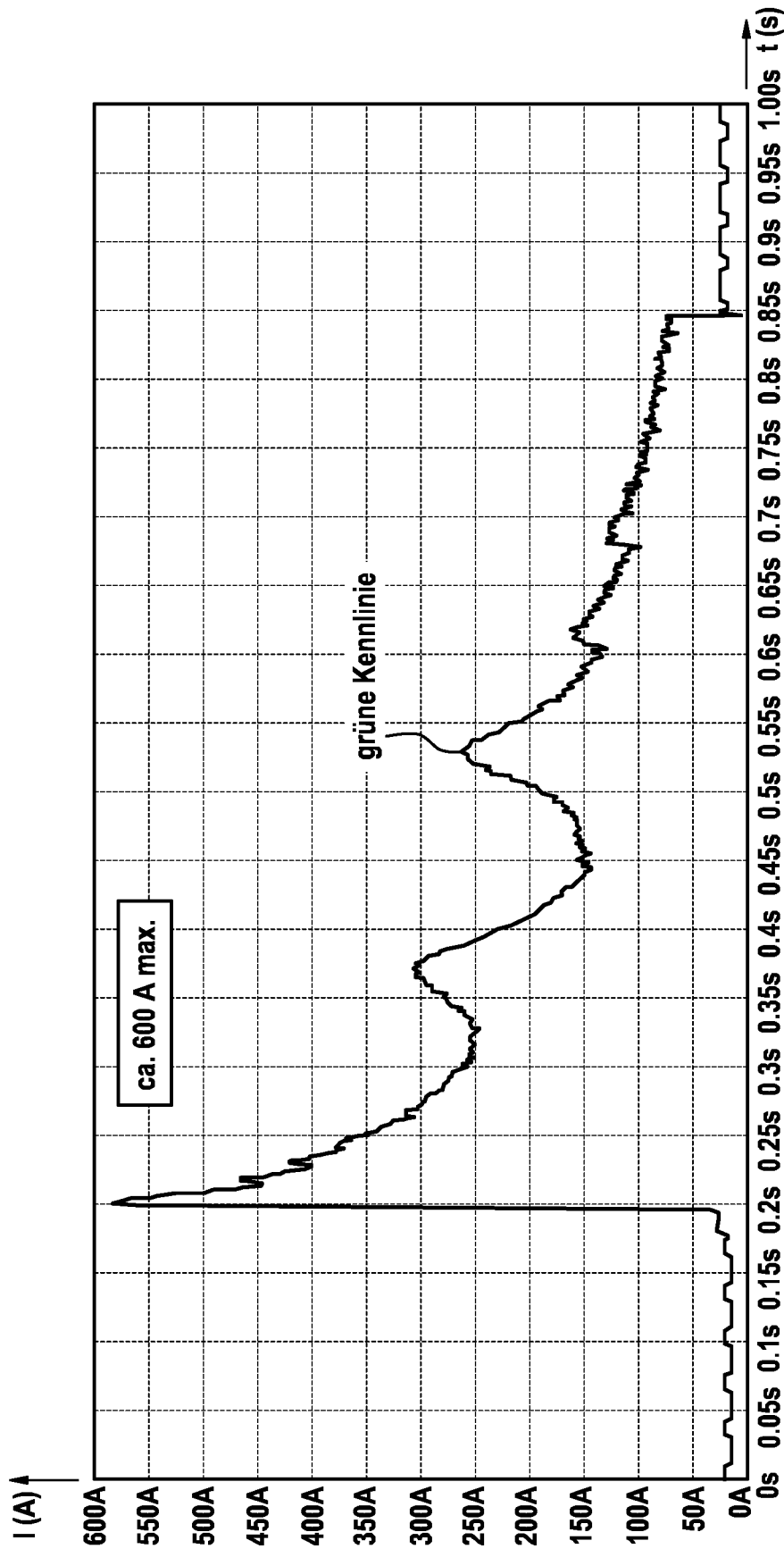


Fig. 4d

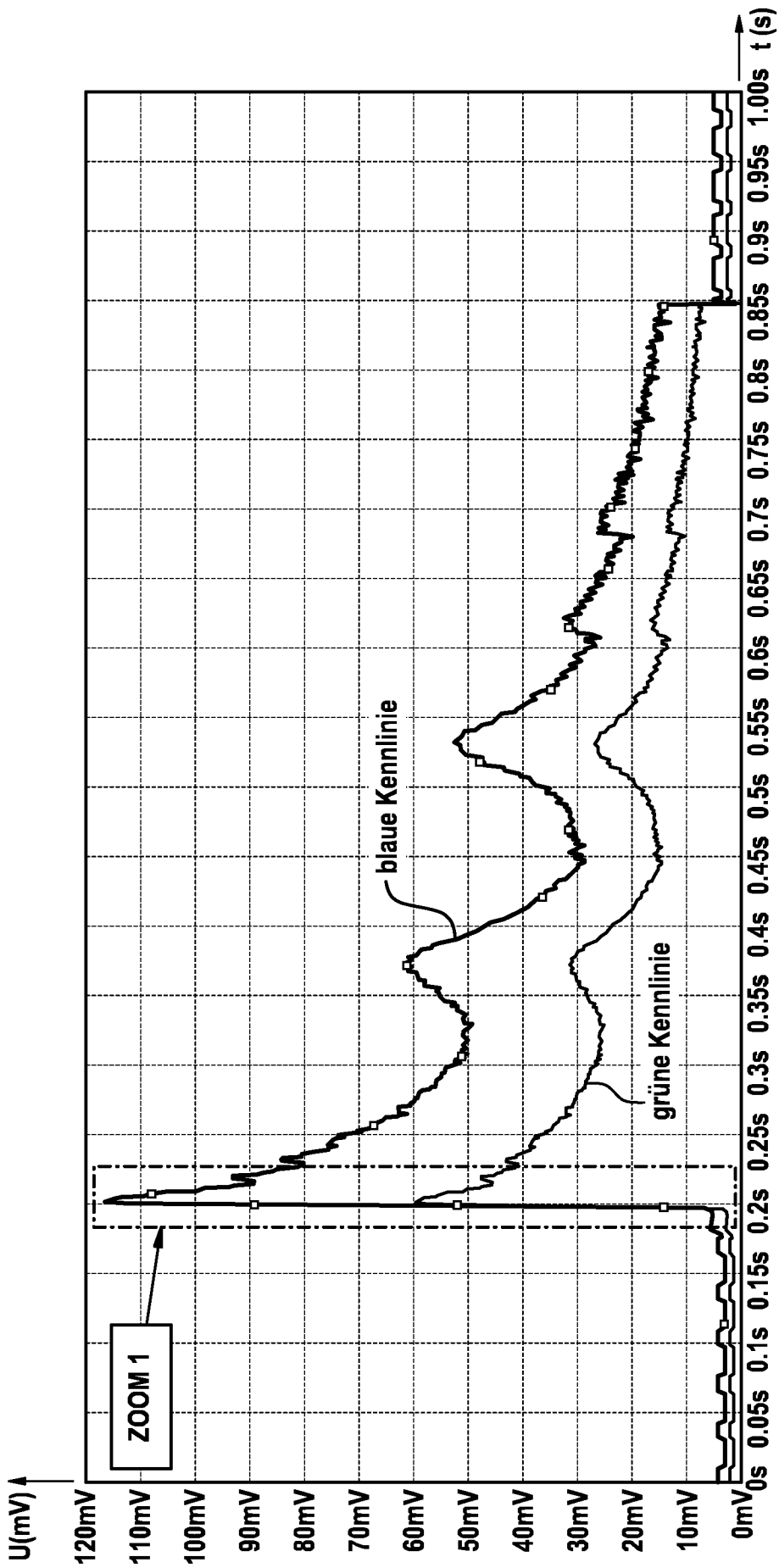


Fig. 4e

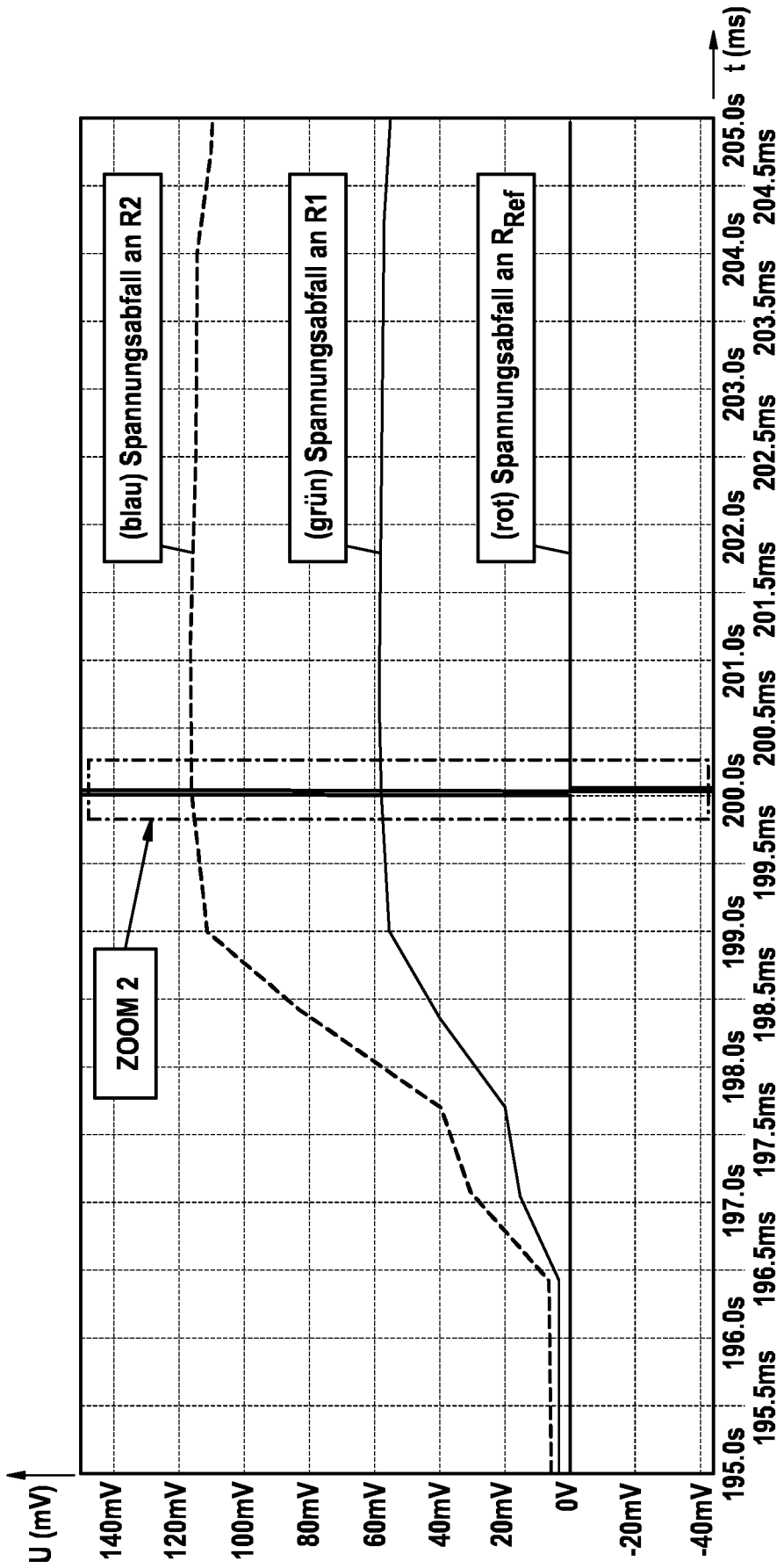


Fig. 4f

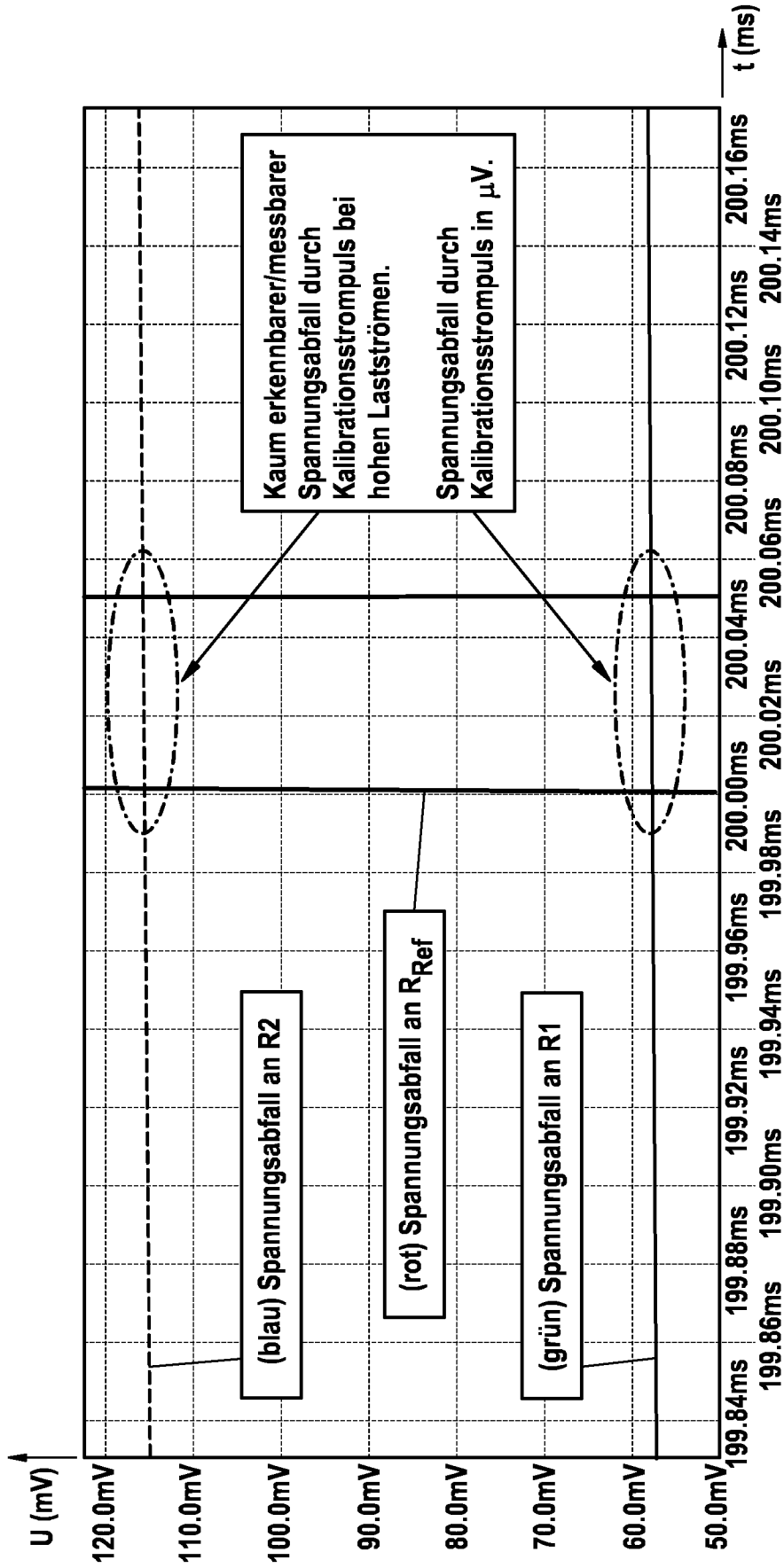


Fig. 4g

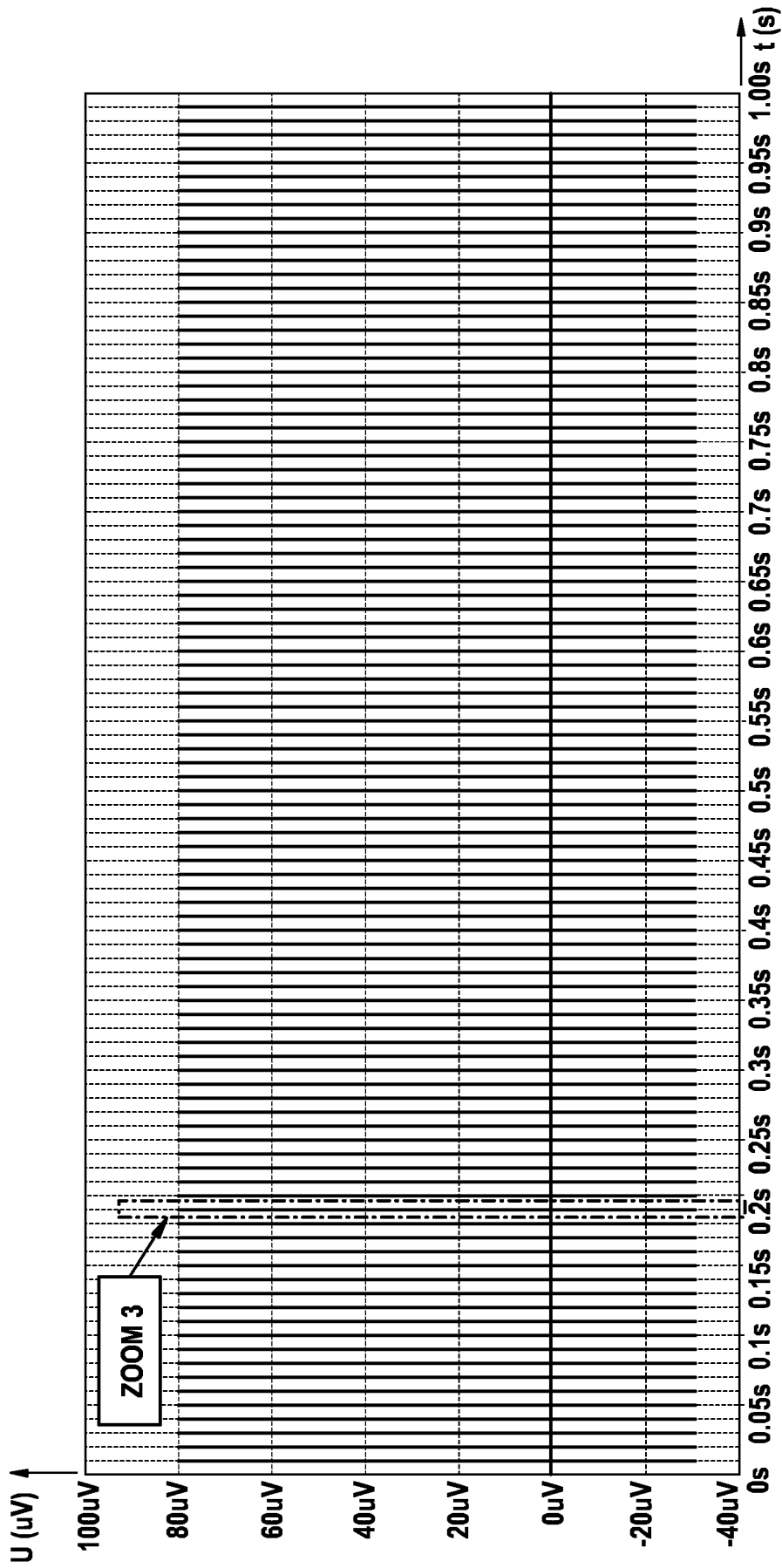


Fig. 4h

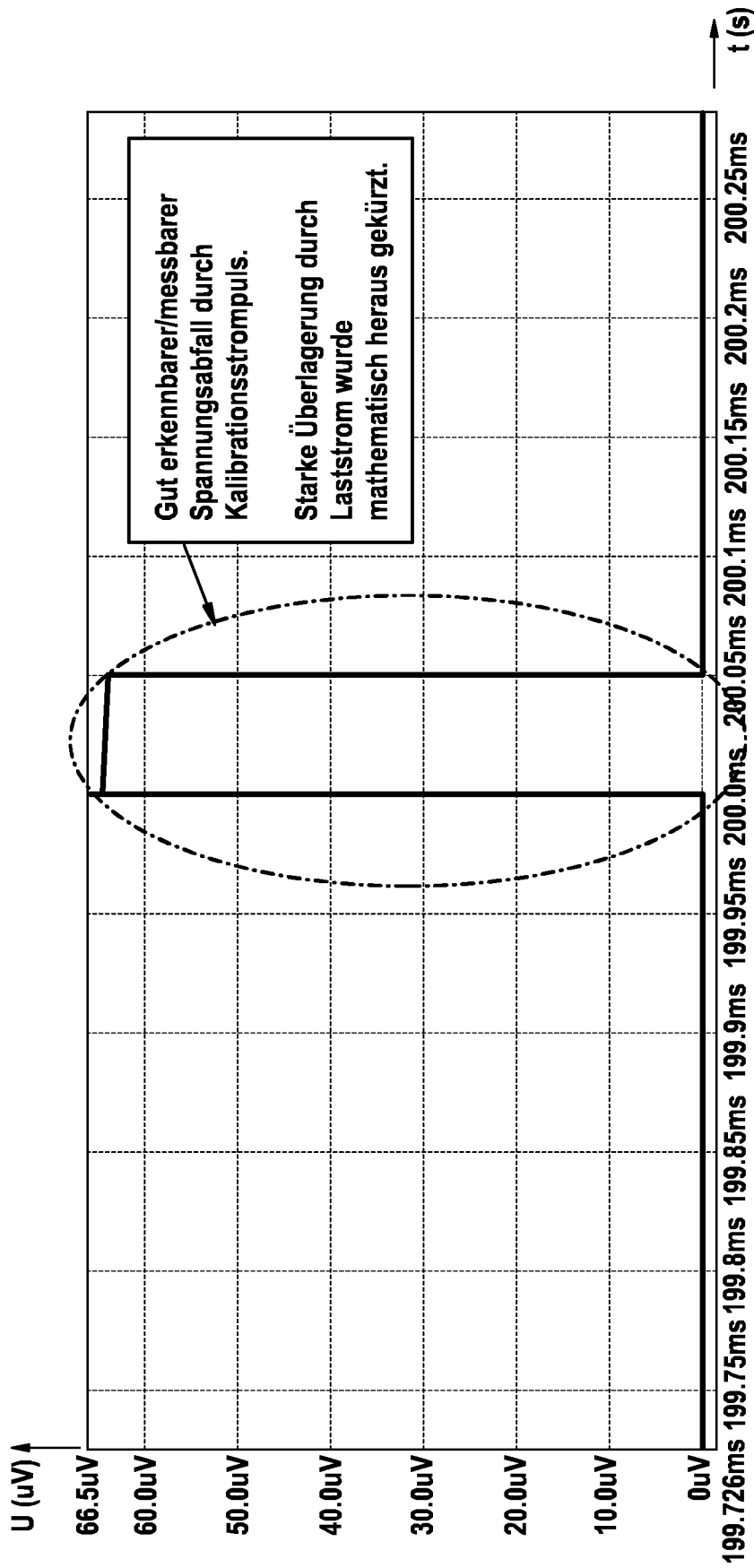


Fig. 4i

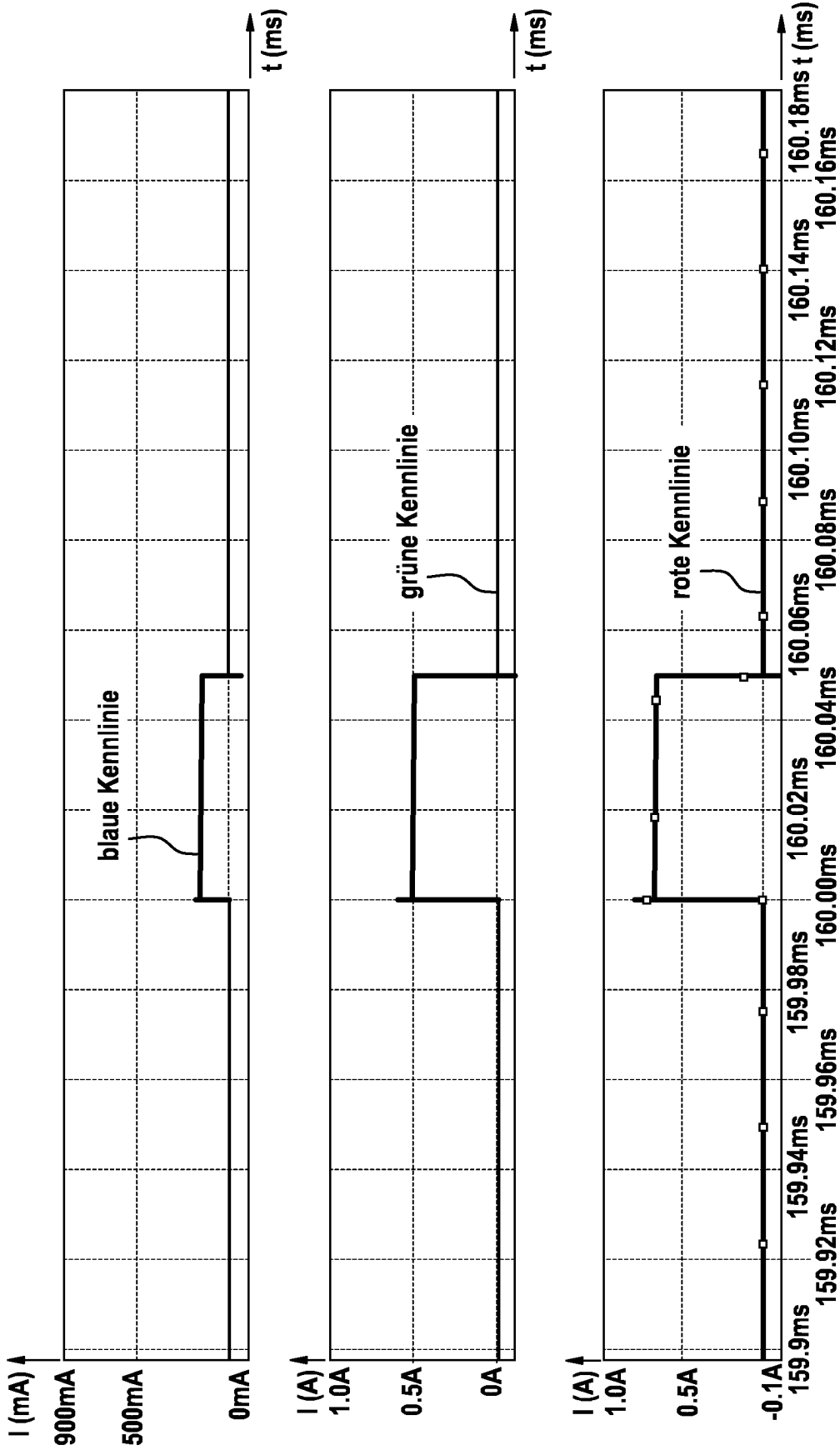


Fig. 4j

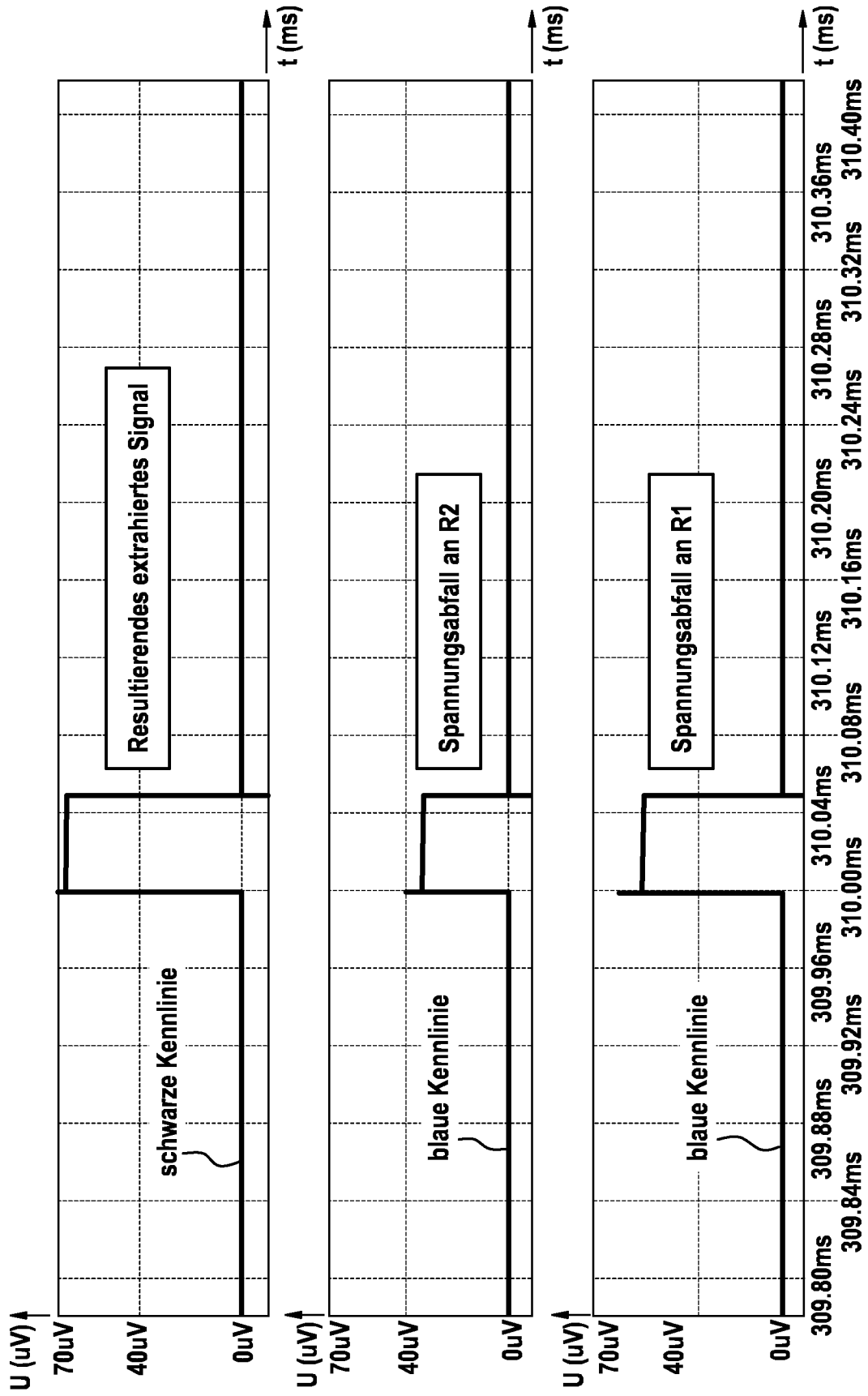


Fig. 4k

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R35/00 G01R1/20 G01R19/00 G01R19/10
ADD.
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)
G01R
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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010/176746 A1 (CATALANO ANTHONY [US] ET AL) 15 July 2010 (2010-07-15) paragraphs [0048] - [0051], [0072]; figures 1,2,10	1-15
A	JP S62 168067 A (YAMATAKE HONEYWELL CO LTD) 24 July 1987 (1987-07-24) abstract; figures 1-10 Gleichungen 1 bis 7	1-15
A	DE 10 2012 006269 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 4 October 2012 (2012-10-04) abstract; figure 1 paragraphs [0018], [0025] - [0027]	1-15
	-/--	

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	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 24 April 2017	Date of mailing of the international search report 04/05/2017
---	---

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 Maric, Viktor
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/053007

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 623 996 A1 (MAGNA E CAR SYSTEMS GMBH & CO [AT]) 7 August 2013 (2013-08-07) abstract; figures 1-2 paragraphs [0001], [0004], [0006], [0007], [0018], [0021] - [0022], [0024] - [0025], [0028], [0031] - [0034], [0038] - [0039] -----	1-15
A	WO 2006/002446 A1 (LEM NORMA GMBH [AT]; STEUER RONALD [AT]) 12 January 2006 (2006-01-12) the whole document -----	1-15
A	US 2014/184199 A1 (MUELLER BERND [DE] ET AL) 3 July 2014 (2014-07-03) abstract; figures 1a,2a,10a paragraphs [0037], [0049] -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2017/053007

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010176746	A1	15-07-2010	AU 2010204851 A1 28-07-2011
			CA 2749472 A1 22-07-2010
			EP 2380405 A2 26-10-2011
			US 2010176746 A1 15-07-2010
			US 2013182744 A1 18-07-2013
			US 2014217896 A1 07-08-2014
			WO 2010083171 A2 22-07-2010

JP S62168067	A	24-07-1987	NONE

DE 102012006269	A1	04-10-2012	CN 103534600 A 22-01-2014
			DE 102012006269 A1 04-10-2012
			DE 102012205154 A1 04-10-2012
			EP 2691784 A1 05-02-2014
			KR 20140017631 A 11-02-2014
			US 2014015513 A1 16-01-2014
			WO 2012130990 A1 04-10-2012

EP 2623996	A1	07-08-2013	EP 2623996 A1 07-08-2013
			ES 2484816 T3 12-08-2014

WO 2006002446	A1	12-01-2006	AT 414048 B 15-08-2006
			WO 2006002446 A1 12-01-2006

US 2014184199	A1	03-07-2014	DE 102011078334 A1 03-01-2013
			EP 2726885 A1 07-05-2014
			JP 5813220 B2 17-11-2015
			JP 2014520269 A 21-08-2014
			KR 20140034863 A 20-03-2014
			US 2014184199 A1 03-07-2014
			WO 2013000621 A1 03-01-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01R35/00 G01R1/20 G01R19/00 G01R19/10 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01R		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2010/176746 A1 (CATALANO ANTHONY [US] ET AL) 15. Juli 2010 (2010-07-15) Absätze [0048] - [0051], [0072]; Abbildungen 1,2,10 -----	1-15
A	JP S62 168067 A (YAMATAKE HONEYWELL CO LTD) 24. Juli 1987 (1987-07-24) Zusammenfassung; Abbildungen 1-10 Gleichungen 1 bis 7 -----	1-15
A	DE 10 2012 006269 A1 (CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG [DE]) 4. Oktober 2012 (2012-10-04) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absätze [0018], [0025] - [0027] ----- -/--	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
24. April 2017		04/05/2017
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 Maric, Viktor

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 2 623 996 A1 (MAGNA E CAR SYSTEMS GMBH & CO [AT]) 7. August 2013 (2013-08-07) Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 Absätze [0001], [0004], [0006], [0007], [0018], [0021] - [0022], [0024] - [0025], [0028], [0031] - [0034], [0038] - [0039] -----	1-15
A	WO 2006/002446 A1 (LEM NORMA GMBH [AT]; STEUER RONALD [AT]) 12. Januar 2006 (2006-01-12) das ganze Dokument -----	1-15
A	US 2014/184199 A1 (MUELLER BERND [DE] ET AL) 3. Juli 2014 (2014-07-03) Zusammenfassung; Abbildungen 1a,2a,10a Absätze [0037], [0049] -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/053007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010176746 A1	15-07-2010	AU 2010204851 A1	28-07-2011
		CA 2749472 A1	22-07-2010
		EP 2380405 A2	26-10-2011
		US 2010176746 A1	15-07-2010
		US 2013182744 A1	18-07-2013
		US 2014217896 A1	07-08-2014
		WO 2010083171 A2	22-07-2010

JP S62168067 A	24-07-1987	KEINE	

DE 102012006269 A1	04-10-2012	CN 103534600 A	22-01-2014
		DE 102012006269 A1	04-10-2012
		DE 102012205154 A1	04-10-2012
		EP 2691784 A1	05-02-2014
		KR 20140017631 A	11-02-2014
		US 2014015513 A1	16-01-2014
		WO 2012130990 A1	04-10-2012

EP 2623996 A1	07-08-2013	EP 2623996 A1	07-08-2013
		ES 2484816 T3	12-08-2014

WO 2006002446 A1	12-01-2006	AT 414048 B	15-08-2006
		WO 2006002446 A1	12-01-2006

US 2014184199 A1	03-07-2014	DE 102011078334 A1	03-01-2013
		EP 2726885 A1	07-05-2014
		JP 5813220 B2	17-11-2015
		JP 2014520269 A	21-08-2014
		KR 20140034863 A	20-03-2014
		US 2014184199 A1	03-07-2014
		WO 2013000621 A1	03-01-2013
