

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer:	A 50448/2015	(51) Int. Cl.:	<b>B60W 30/18</b>	(2012.01)
(22) Anmeldetag:	02.06.2015		<b>B60W 20/14</b>	(2016.01)
(45) Veröffentlicht am:	15.04.2021		<b>B60W 10/08</b>	(2006.01)
			<b>B60W 10/30</b>	(2006.01)
			<b>B60W 10/26</b>	(2006.01)
			<b>B60W 50/00</b>	(2006.01)
			<b>B60L 3/00</b>	(2006.01)
			<b>B60L 11/18</b>	(2006.01)
			<b>B60L 15/20</b>	(2006.01)
			<b>G01C 21/34</b>	(2006.01)

(30) **Priorität:**  
11.06.2014 AT A50405/2014 beansprucht.

(56) **Entgegenhaltungen:**  
US 2005274553 A1  
WO 2013167149 A1  
US 2013296102 A1

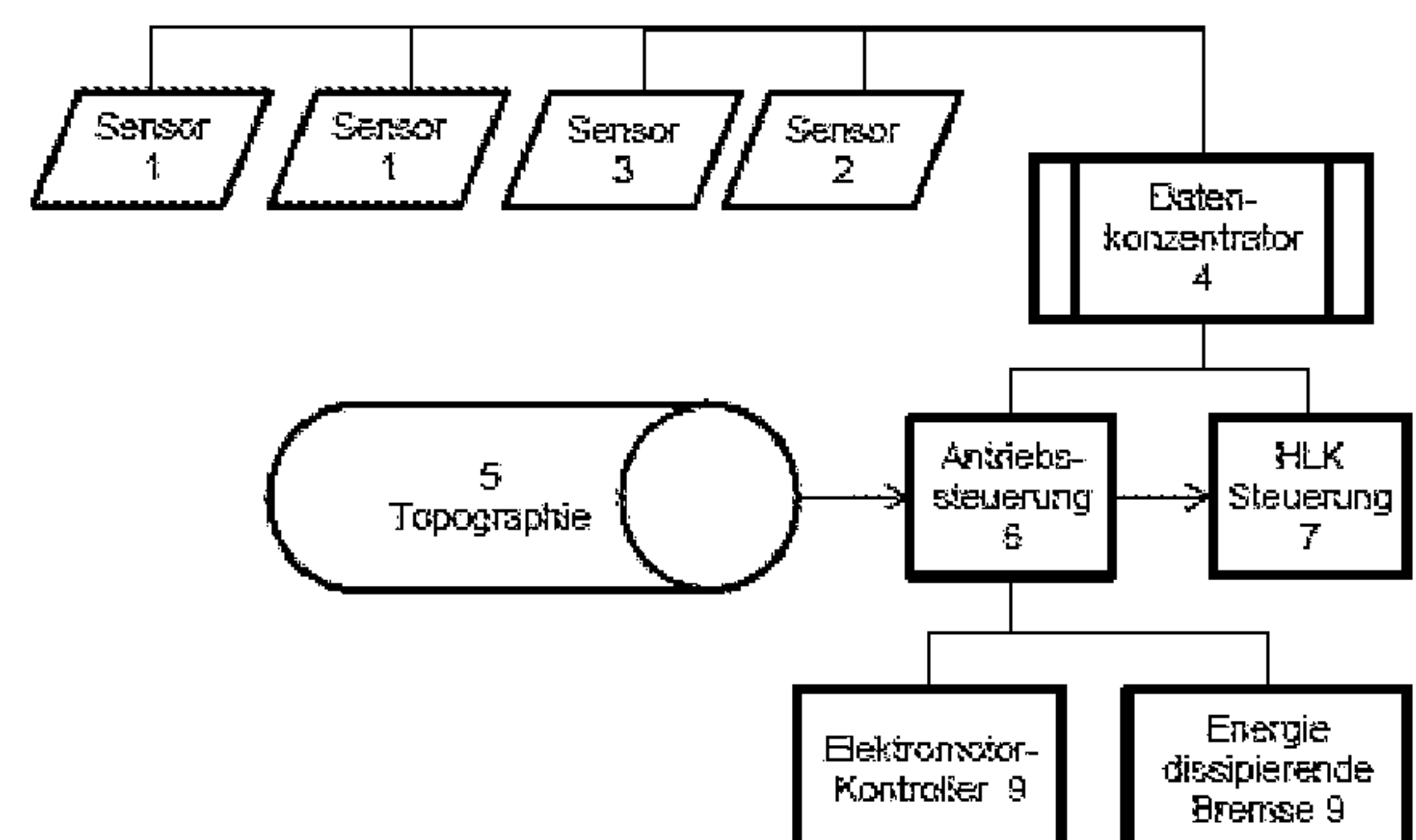
(73) **Patentinhaber:**  
Cebrat Gerfried Dipl.Ing. Dr.techn.  
8020 Graz (AT)

(72) **Erfinder:**  
Cebrat Gerfried Dipl.Ing. Dr.techn.  
8020 Graz (AT)

(54) **Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte prädiktive Optimierung. Die Optimierung mittels dynamischer Programmierung wird über Nebenbedingungen angepasst, wenn über topographische Daten und technische und verordnete Geschwindigkeitsgrenzen auf der vorausliegenden Strecke hinaus zusätzliche Informationen von Ampeln etc. bekannt werden. Dabei wird bei der Berechnung die in den Energiespeicher einspeicherbare Energie und eine Näherung für die aktuelle Fahrzeugmasse genutzt, wobei dazu vorteilhafterweise Sensoren benutzt werden.

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung.

**[0002]** Stand der Technik sind Verfahren die den seitens der Verbrennungskraftmaschine VKM bereit zu stellenden Energieanteil optimieren, und dabei auch die Fahrbarkeit berücksichtigen.

**[0003]** WO 2013167149 A1 beschreibt in allgemeiner Form ein GPS-Daten gesteuertes Energiemanagement für ein Hybrid-Elektrisches Fahrzeug welches den Energiespeicher leert, bevor eine Rekuperation auf einer Bergabstrecke stattfindet. US 2013296102 A1 beschreibt eine Methode um zusätzliche elektrische Lasten zu aktivieren um Rekuperationsenergie sinnvoll nutzen zu können.

**[0004]** DE69828585 beschreibt die Nutzung von Gewichtssensoren in Sitzen, DE69931535 gleiches für die Nutzlastbestimmung in Anhängern.

**[0005]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist eine Minimierung der mechanischen Netto-Antriebsarbeit für eine finite vorausliegende Strecke, abhängig von deren Topographie, wobei auch die aktuelle Masse des Fahrzeuges inkl. Nutzlast einfließen soll. Der Nettobetrag der Energie wird über eine Bilanzierung mit der auf Gefällestrecken rekuperierbaren Energie bestimmt. Zusätzlich sind Geschwindigkeitsgrenzen vorgegeben. Technisches Ziel des Verfahrens ist die Auswahl einer Betriebstaktik des Fahrzeuges in Hinblick auf die Translation, die zu einem dem Minimum nahekommendem Endenergiebedarf führt. Der Zielerfüllungsgrad der gewählten Betriebstaktik wird durch eine Simulation der longitudinalen Fahrzeugbewegung im Vorhinein überprüft, wobei Wirkungsgrade für die Umwandlung von mechanischer Verzögerungsenergie in elektrische Energie und wieder zurück in Antriebsenergie vorteilhafterweise abhängig von Leistung und Drehzahl aus einer Tabelle entnommen werden, wobei bei handgeschalteten Getrieben die Gangwahl aus historischen Daten welche über die Benutzung des Fahrzeuges ermittelt wurden, abgeleitet wird. Die Betriebstaktik wird über eine Simulation mit variierendem Muster für die Geschwindigkeitsgrenzen durchgeführt, hier werden Verläufe mit Sprungfunktionen, Rampen etc. genutzt. Neben der Variation der grundsätzlichen Form der Verläufe wird auch die Charakteristik variiert, wie die Punkte mit Wechsel der Geschwindigkeit, oder Steilheit der Rampe. Über eine Variation der Charakteristika dieser Geschwindigkeitsverläufe in einer Monte Carlo Variation wird die dem Optimum nahekommende Lösung bestimmt.

**[0006]** Die Simulation benutzt den Verlauf der Höhe der Fahrbahn, Geschwindigkeitsgrenzen zusammen mit der Masse des Fahrzeuges, die vorteilhafterweise über eine Messvorrichtung erfasst wird. Für Nfz kann auch der Druck in der Luftfederung zur Bestimmung der Gewichtskraft genutzt werden, aber es können auch Sitzsensoren genutzt werden um über den Besetzungsgrad die schwere Gesamtmasse abschätzen zu können.

**[0007]** Die Zielgeschwindigkeit wird ebenso wie die maximale Geschwindigkeit die sich aus der (amtliche verordneten) Geschwindigkeitsbegrenzung ergibt, vorgegeben. Die Zielgeschwindigkeit ist eine FahrerInnenwahl. Die verlorenen Verluste bei der Überschreitung der Zielgeschwindigkeit nehmen zu, aber auch die Rekuperation der Bremsenergie ist mit Verlusten behaftet.

**[0008]** Die Betriebstaktik ergibt sich aus den örtlichen Gegebenheiten. Bei einem hohen Geschwindigkeitslimit kann trotz hohem Ladezustand im Energiespeicher Energie über die Speicherung in kinetischer Energie zurückgewonnen werden. Für die Optimierung wird beispielsweise ein Geschwindigkeitsverlauf mit einem Sprung auf die Maximalgeschwindigkeit und wieder auf die Zielgeschwindigkeit vorgegeben. In der Optimierung über einen Monte-Carlo-Ansatz werden die Übergänge zwischen den Geschwindigkeiten verschoben. Ebenso wird die Geschwindigkeitsvorgabe für die Reststrecke gesenkt, weil über die Geschwindigkeitserhöhung bis zur Senkung der Geschwindigkeitsvorgabe, Zeit gespart wurde.

**[0009]** Mit den Daten der Sitzsensoren 1 kann auch die Steuerung der Heizung und Klimatisie-

rung vorgenommen werden. Vorteilhafterweise kann auch eine Arbeitsperiode der elektrisch betriebenen Kühlung vorgezogen oder bei Batterie-elektrischen Fahrzeugen auch eine elektrische Beheizung vorgezogen werden um den eine höhere Rekuperation von potentieller Energie zu ermöglichen. Vorteilhafterweise wird die thermische Energie welche bei der Rekuperation anfällt und nicht in den Energiespeicher eingespeichert werden kann in einem Latentspeicher zwischengespeichert.

**[0010]** Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen und Varianten gemäß den Zeichnungen näher erläutert:

**[0011]** Fig. 1 zeigt beispielhaft die Systemarchitektur. Mindestens ein vorzugsweise drahtlose abfragbarer Sitzsensor 1, und wenn vorhanden Druckluftsensoren der Federung 2 und Radar/Lidar 3 werden vom Datenkonzentrator 4 einer taktischen Steuerung 6 des Antriebs zugeführt, welche die topographischen Daten vorzugsweise vom Navigationssystem bezieht.

**[0012]** Fig. 2 zeigt verschiedene Muster für vorgegebenen Geschwindigkeitsverläufe, welche seitens der MC-Simulation genutzt werden können.

**[0013]** Fig. 3 zeigt den Ablauf der MC-Simulation. Die Vorgabe für die Zielgeschwindigkeit 10, wird unter Berücksichtigung der über Sensoren ermittelten oder elektronisch als Datum vorliegenden Eingangsgrößen für unterschiedliche Geschwindigkeitsschablonen 15 berechnet und die energieeffizienteste Lösung 16 ausgesucht und in den Tempomaten 17 eingespeist.

**[0014]** Fig. 4 zeigt ein Ergebnis einer Simulation einer Fahrt durch eine Senke, wobei eine beispielhafte Geschwindigkeitsrampe vorgegeben wurde und die Geschwindigkeit nach Wiedererreichen der Zielgeschwindigkeit wegen der vorherigen höheren Geschwindigkeit gesenkt wurde. Die obere Grenzkurve für die Geschwindigkeit kann durch folgende Nebenbedingungen direkt oder indirekt beeinflusst werden.

- Mittels LIDAR oder RADAR bestimmte Fahrkurve vorausfahrender Fahrzeuge limitiert
- Amtlich verordnete Geschwindigkeitsbeschränkung erkannt
- Über DSRC erhaltene Schaltzeiten von Ampeln und Punkten mit Verzögerung wie Mautstationen
- Technisch bedingte Maximalgeschwindigkeit in Kurven für das Fahrzeug ermittelt

**[0015]** Diese Nebenbedingungen bei der Optimierung schränken den Lösungsraum ein.

**[0016]** Bei Überschreiten eines Grenzwertes für den Schlupf an den Antriebsrädern wird die Rekuperation verringert. Die Rekuperation kann so lange aufrechterhalten werden, solange der Energiespeicher noch nicht vollgeladen ist wobei nutzbringende elektrisch versorgte Vorrichtungen aktiviert werden können, wobei Kühlung und Heizung vorteilhafterweise einen Wärmespeicher besitzen

**[0017]** Fig. 5 zeigt Ergebnisse für unterschiedliche Start und Endpositionen für die Geschwindigkeitsrampe. Während der beste Startpunkt relativ konstant bleibt, schwankt der Endpunkt des hohen Geschwindigkeitslimits stark, sinkend gegen das Minimum.



## Patentansprüche

1. Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Geschwindigkeitsverlauf während der Rekuperation beim Bergabfahren in Abhängigkeit vom Energieinhalt im Energiespeicher vor dem Beginn der Rekuperation und der vorausliegenden Topographie im Vorhinein über eine Simulation festgelegt wird und die Nutzlast sowie wenn vorhanden des vergangene Schaltverhalten im Modell berücksichtigt wird wobei bei Personentransport diese in einem Verfahren aus in Sitzen eingebauten Sensoren oder dem Druck im pneumatischen Federungs-System bestimmt wird und die modellbasierte prädiktive Optimierung abhängig von den Randbedingungen mit vorgegebene Rampentypen für die Geschwindigkeit rechnet.
2. Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Modell die longitudinale Fahrzeugbewegung für eine finite vorausliegende Strecke mit verschiedenen Werten für die Geschwindigkeit bei der Rekuperation vorausberechnet, begrenzt durch die maximal zulässige Geschwindigkeit und einer vorgegebenen Mindestgeschwindigkeit, sowie mit dem aktuellen Energieinhalt im Energiespeicher für die Rekuperation berechnet wird, wobei vorteilhafterweise die Wirkungsgrade der elektrischen Maschine aus einer Tabelle entnommen werden.
3. Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optimierung über Nebenbedingungen angepasst wird, wenn seitens Sensoren (Lidar/Radar) die Fahrkurven vorausfahrender Fahrzeuge bestimmt werden.
4. Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optimierung über Nebenbedingungen angepasst wird, wenn seitens DSRC Informationen über Schaltzyklen von Ampeln und Punkten mit Verzögerung wie Mautstationen erhalten werden.
5. Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Optimierung über Nebenbedingungen für technisch bedingte Maximalgeschwindigkeiten in Kurven und durch amtlich verordnete Geschwindigkeitsbeschränkungen angepasst wird, wobei beides vorteilhafterweise aus einem Navigationssystem bezogen wird.
6. Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei erkanntem Schlupf über einem Grenzwert die Rekuperationsleistung verringert wird
7. Verfahren zur topographieabhängigen Minimierung des Energiebedarfs von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb oder Hybridantrieb durch modellbasierte Optimierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass nutzbringende elektrisch versorgte Vorrichtungen, wobei Kühlung und Heizung vorteilhafterweise einen Wärmespeicher besitzen, im Fahrzeug aktiviert werden, wenn der Ladezustand des Energiespeichers über ein bestimmtes Niveau steigt.

**Hierzu 5 Blatt Zeichnungen**

Fig. 1

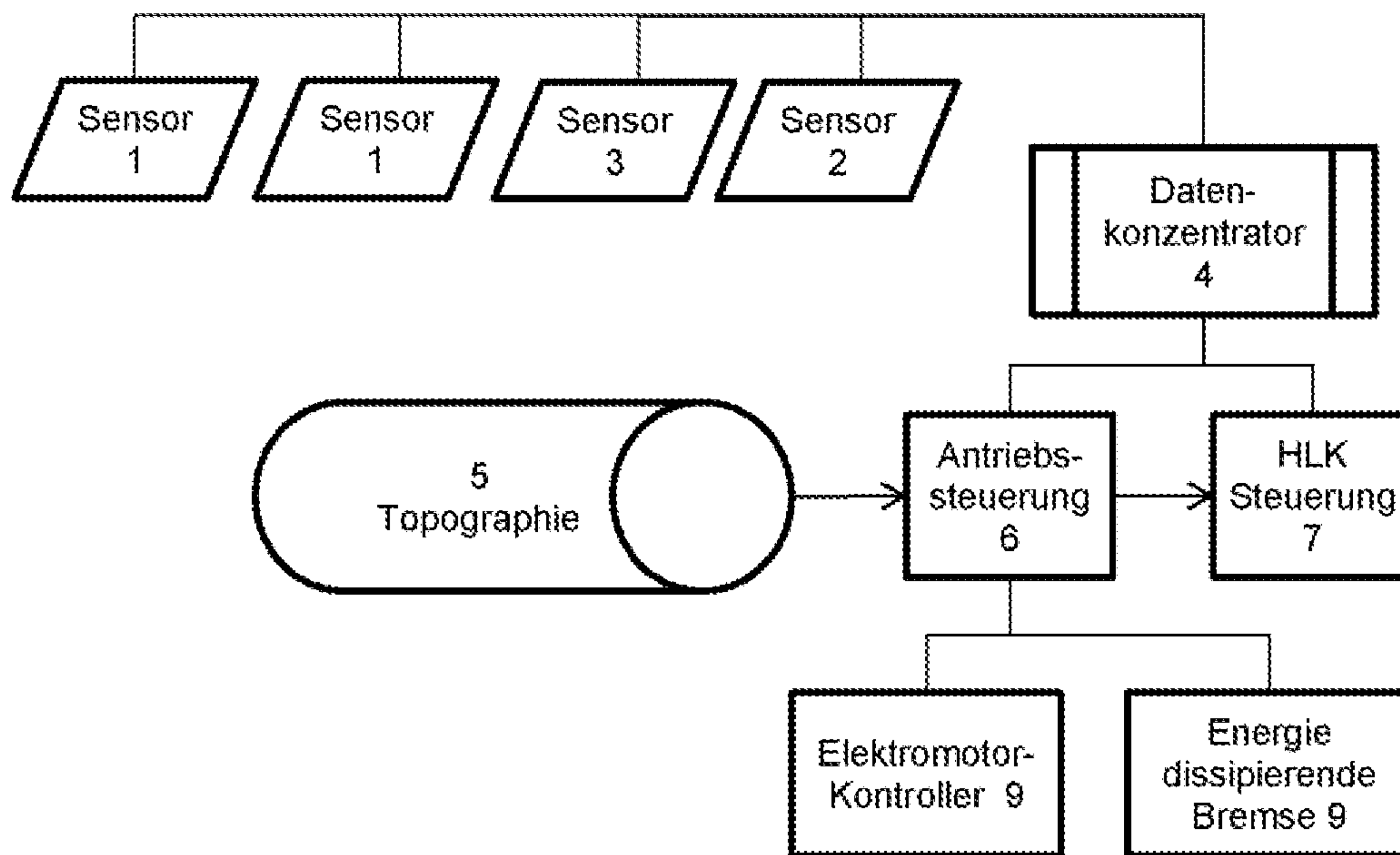


Fig. 2

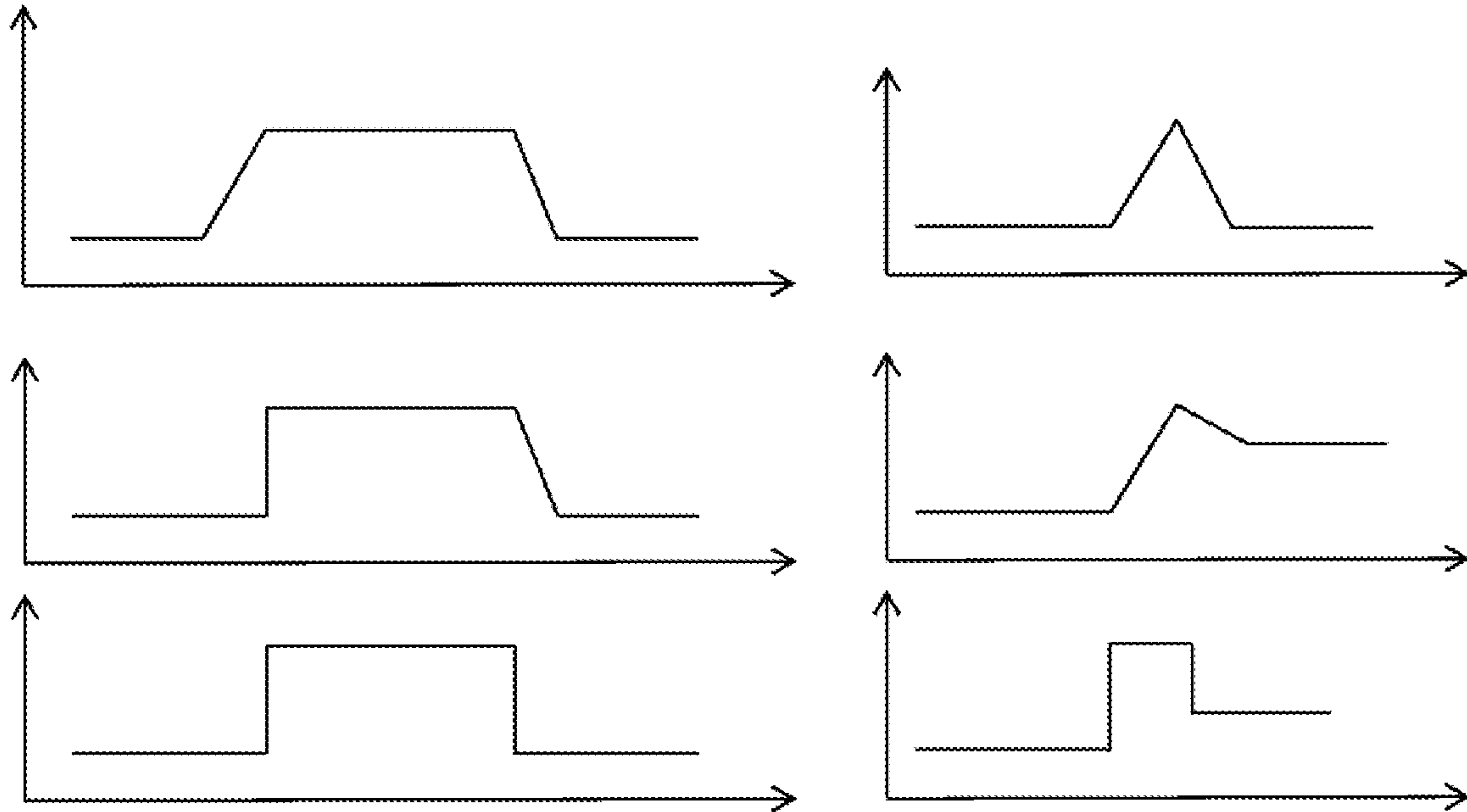


Fig. 3

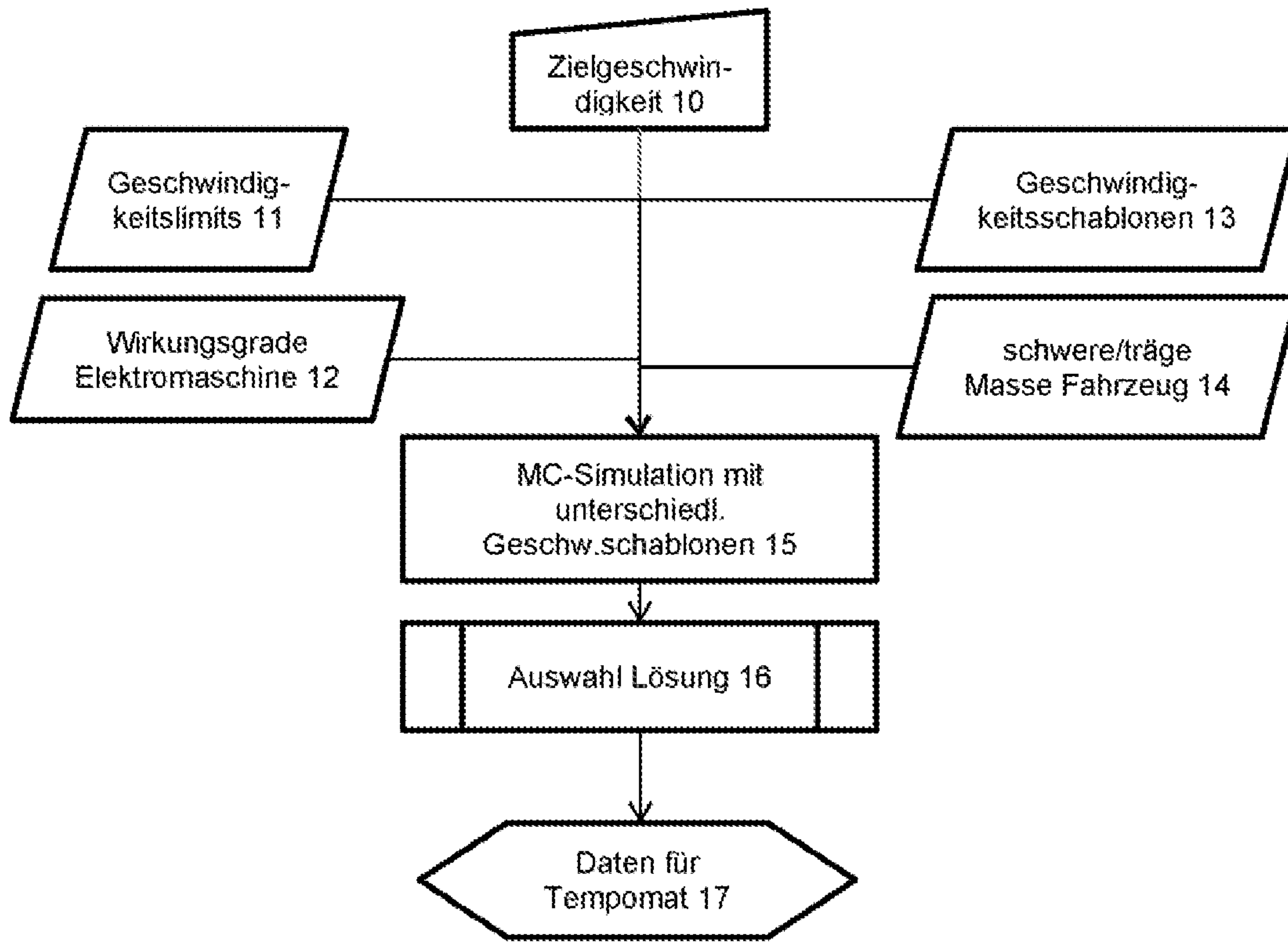


Fig. 4

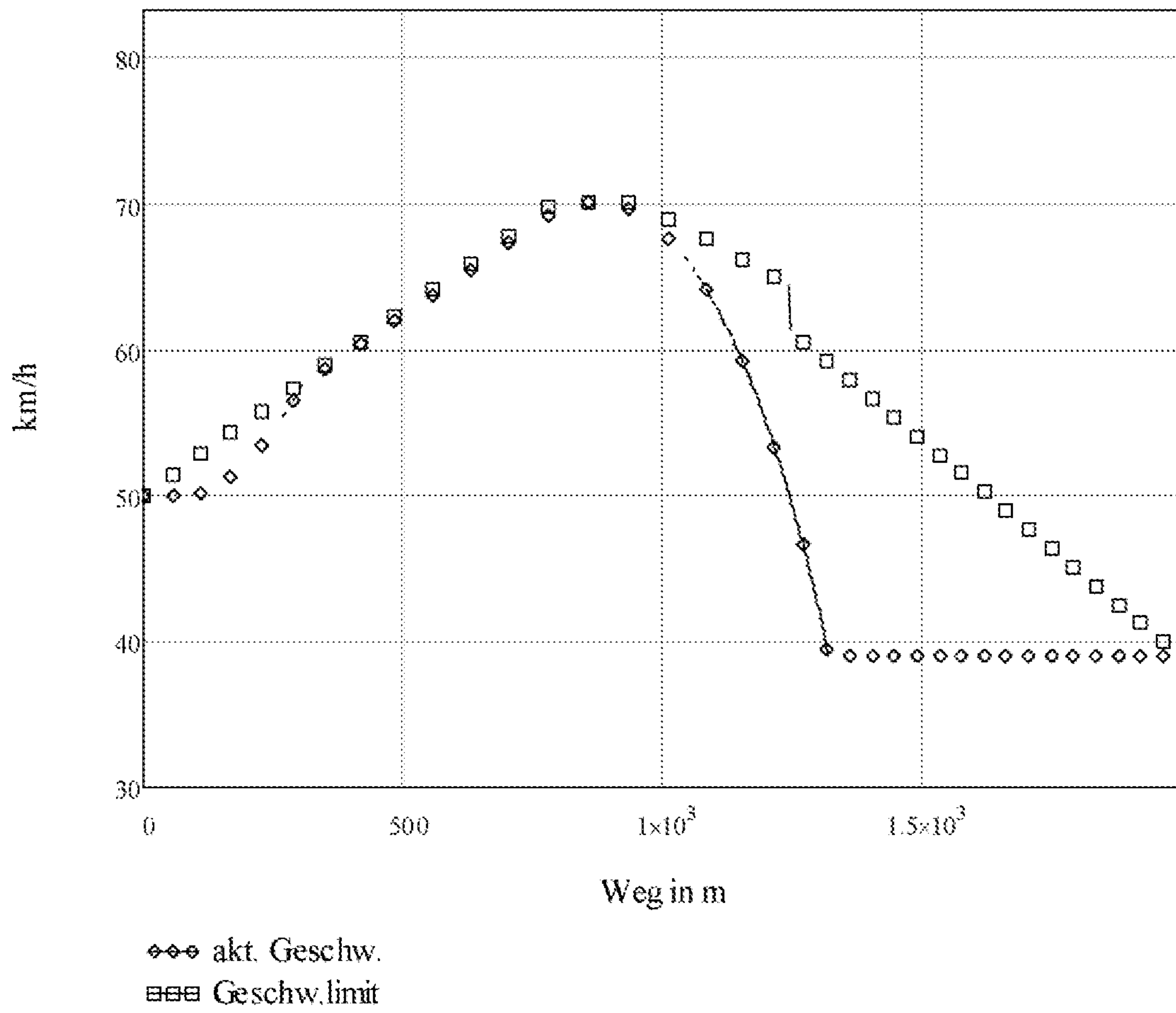




Fig. 5

