



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 207 158.9**

(22) Anmeldetag: **16.05.2019**

(43) Offenlegungstag: **19.11.2020**

(51) Int Cl.: **B60L 7/26 (2006.01)**

**B60T 1/10 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

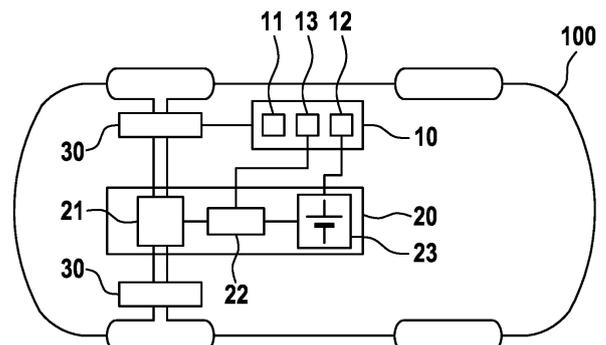
(72) Erfinder:

**Friedrich, Thomas, 74379 Ingersheim, DE; Frank,  
Felix, 71282 Hemmingen, DE; Feuerstack, Peter,  
71642 Ludwigsburg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung offenbart eine Steuerung der Rekuperation eines Elektrofahrzeugs. Insbesondere kann in Abhängigkeit einer Temperatur an der mechanischen Bremsanlage ein Aufladen einer Traktionsbatterie des Elektrofahrzeugs über einen oberen Grenzwert freigegeben werden, wenn sich die mechanische Bremsanlage stark erwärmt.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs. Die Vorrichtung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs sowie ein Antriebs- und Bremssystem für ein Elektrofahrzeug.

## Stand der Technik

**[0002]** Kraftfahrzeuge, insbesondere ganz oder teilweise elektrisch angetriebene Kraftfahrzeuge, müssen über ein sehr zuverlässiges Bremssystem verfügen, welches das Fahrzeug stets sicher verzögern und zum Stillstand bringen kann. Hierbei müssen unter anderem die Bremsscheiben des Fahrzeugs unter Berücksichtigung der thermischen Tragfähigkeit der Bremsscheiben sowie des übertragbaren Radmoments ausreichend dimensioniert werden. Bezüglich der thermischen Tragfähigkeit der Bremsscheiben stehen beispielsweise die Erwärmung unter Dauerlast bei Bergabfahrten, sowie das pulsartige, wiederholte, scharfe Abbremsen von hohen Geschwindigkeiten bis zum Stillstand oder bis zu einer mittleren Geschwindigkeit im Vordergrund.

**[0003]** Ganz oder teilweise elektrisch angetriebene Fahrzeuge bieten hierbei die Möglichkeit, dass die Fahrzeugverzögerung zumindest teilweise auch unter Zuhilfenahme des elektrischen Antriebsstranges ausgeführt werden kann. Hierbei kann die elektrische Maschine des Antriebsstrangs als Generator eingesetzt werden, welcher die kinetische Energie des Fahrzeugs in elektrische Energie umwandelt. Die dabei gewonnene elektrische Energie kann in einem elektrischen Energiespeicher, beispielsweise der Traktionsbatterie des Fahrzeugs, gespeichert werden und steht somit für eine spätere Beschleunigung des Fahrzeugs zur Verfügung.

**[0004]** Die Druckschrift DE 10 2008 061 821 A1 offenbart ein Verfahren zur Rekuperation von Energie in einem Kraftfahrzeug während eines rekuperationsfähigen Betriebszustands. Hierbei wird kinetische Energie des Fahrzeugs in elektrische Energie gewandelt und in dem Bordnetz gespeichert oder einem weiteren Fahrzeugaggregat zur Verfügung gestellt. Weiterhin wird vorgeschlagen, dass ein fahrerseitiger oder systemseitiger Verzögerungswunsch auch ohne direkte Betätigung des Bremspedals erkannt werden kann.

**[0005]** Für das Aufladen der Traktionsbatterie eines Elektrofahrzeugs ist dabei in der Regel ein oberes Ladelimit definiert, welches sowohl beim konventionellen Aufladen als auch während der Rekuperation nicht überschritten werden sollte.

## Offenbarung der Erfindung

**[0006]** Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs sowie ein Antriebs- und Bremssystem für ein Elektrofahrzeug mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

**[0007]** Demgemäß ist vorgesehen:

Ein Verfahren zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs. Das Verfahren umfasst die Schritte des Ermitteln einer Temperatur einer mechanischen Bremsanlage des Elektrofahrzeugs und des Ermitteln eines Ladezustandes der Traktionsbatterie des Elektrofahrzeugs. Weiterhin umfasst das Verfahren einen Schritt zum Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation. Das Elektrofahrzeug kann hierbei mittels Rekuperation verzögert werden, falls die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage einen oberen Grenzwert überschritten hat. Das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation kann insbesondere beim Überschreiten des oberen Grenzwertes für die Temperatur der mechanischen Bremsanlage selbst dann erfolgen, wenn der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie einen vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

**[0008]** Weiterhin ist vorgesehen:

Eine Vorrichtung zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs.

Die Vorrichtung umfasst eine Temperaturüberwachungseinrichtung, eine Ladekontrolleinrichtung und eine Steuereinrichtung. Die Temperaturüberwachungseinrichtung ist dazu ausgelegt, eine Temperatur einer mechanischen Bremsanlage des Elektrofahrzeugs zu ermitteln. Die Ladekontrolleinrichtung ist dazu ausgelegt, einen Ladezustand einer Traktionsbatterie des Elektrofahrzeugs zu ermitteln. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgelegt, ein Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation freizugeben, falls die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage einen oberen Grenzwert überschritten hat. Insbesondere kann die Steuereinrichtung das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation dann freigeben, wenn die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage den oberen Grenzwert überschritten hat und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie einen vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

**[0009]** Schließlich ist vorgesehen:

Ein Antriebs- und Bremssystem für ein Elektrofahrzeug mit einer Traktionsbatterie, einem elektrischen Antriebssystem und einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Steuerung des Betriebsverhaltens des Elektrofahrzeugs. Das elektrische Antriebssystem ist insbesondere dazu ausgelegt, in einem Rekuperationsmodus das Elektrofahrzeug zu verzögern und dabei die Traktionsbatterie aufzuladen.

#### Vorteile der Erfindung

**[0010]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass ganz oder zumindest teilweise elektrisch angetriebene Fahrzeuge zusätzlich zu einer mechanischen Bremsanlage auch mittels Rekuperation verzögert werden können. Bei der Rekuperation kann dabei eine elektrische Maschine des Antriebssystems in einem Generatorbetrieb kinetische Energie des Fahrzeugs in elektrische Energie umwandeln. Mit dieser elektrischen Energie kann daraufhin eine Traktionsbatterie des Elektrofahrzeugs aufgeladen werden. Hierdurch kann die mechanische Bremsanlage des Fahrzeugs entlastet werden. Der vorliegenden Erfindung liegt weiterhin die Erkenntnis zugrunde, dass in der Regel für die Traktionsbatterie eines Elektrofahrzeugs ein maximaler Ladezustand (State of Charge, SoC) definiert ist, welcher während des Aufladens der Traktionsbatterie nicht überschritten werden sollte. Daher wird beim Erreichen dieses maximalen Ladezustandes der Traktionsbatterie auch während einer Rekuperation keine elektrische Energie in die Traktionsbatterie eingespeist, so dass beim Erreichen des maximalen Ladezustandes ein Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation nicht mehr möglich ist. Daher muss in diesem Fall das Verzögern des Elektrofahrzeugs vollständig mittels der mechanischen Bremsanlage erfolgen. In diesem Fall kann sich die mechanische Bremsanlage stark erwärmen. Daher muss die mechanische Bremsanlage entsprechend groß dimensioniert werden.

**[0011]** Es ist daher eine Idee der vorliegenden Erfindung, dieser Erkenntnis Rechnung zu tragen und zur Entlastung der mechanischen Bremsanlage ein weiteres Aufladen der Traktionsbatterie während der Rekuperation freizugeben. Insbesondere kann ein Aufladen der Traktionsbatterie über einen vorgegebenen Grenzwert zumindest kurzzeitig in Kauf genommen werden, um das Fahrzeug mittels Rekuperation abzubremesen. Insbesondere kann das Abbremsen des Fahrzeugs mittels Rekuperation auch bei hohen Ladezuständen der Traktionsbatterie akzeptiert werden, wenn die Temperatur in der Bremsanlage des Fahrzeugs, beispielsweise an den Bremsscheiben des Fahrzeugs, eine Grenztemperatur überschritten hat. Auf diese Weise kann eine weitere Erwärmung der Bremsanlage vermieden werden. Gegebenen-

falls kann hierdurch sogar ein Abkühlen der Bremsanlage erreicht werden.

**[0012]** Das Aufladen der Traktionsbatterie über den oberen Grenzwert für den Ladezustand der Traktionsbatterie erfolgt dabei in der Regel nur für eine relativ kurze Zeitdauer. In der Regel wird sich der Verzögerung des Fahrzeugs durch die Rekuperation auch eine weitere Beschleunigungsphase anschließen, in welcher die Traktionsbatterie wieder entladen wird. Daher wird der Ladezustand der Traktionsbatterie unmittelbar wieder unter den oberen Grenzwert des Ladezustandes für die Traktionsbatterie sinken. Somit befindet sich der Ladezustand der Traktionsbatterie nur für eine sehr kurze Zeitdauer oberhalb des maximalen Grenzwertes, so dass keine nachhaltige Schädigung der Traktionsbatterie zu erwarten ist.

**[0013]** Durch das Aktivieren der Rekuperation zum Verzögern des Fahrzeugs bei sehr hohen Temperaturen der Bremsanlage kann ein weiterer Temperaturanstieg in der Bremsanlage, insbesondere an den Bremsscheiben der Bremsanlage, verhindert oder zumindest stark abgemildert werden. Gegebenenfalls ist es durch entsprechende Rekuperation auch möglich, dass sich die Bremsanlage während der Rekuperation sogar abkühlt. Auf diese Weise kann selbst bei relativ hohen Ladezuständen der Traktionsbatterie eine Entlastung der mechanischen Bremsanlage erreicht werden. Dies ermöglicht es, die mechanische Bremsanlage entsprechend geringer zu dimensionieren. Eine geringere Dimensionierung der mechanischen Bremsanlage senkt dabei nicht nur die Kosten für die Bremsanlage. Vielmehr sinkt durch die geringere Dimensionierung der Bremsanlage auch die Masse der Bremsanlage, was zu einem erhöhten Fahrkomfort und zu einem geringeren Gesamtgewicht des Fahrzeugs führt.

**[0014]** Gemäß einer Ausführungsform wird das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation dann freigegeben, wenn die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage den oberen Grenzwert überschreitet und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat. Weiterhin kann das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation deaktiviert werden, wenn die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage einen unteren Grenzwert unterschreitet und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat. Auf diese Weise erfolgt eine Rekuperation des Elektrofahrzeugs bei hohem Ladezustand der Traktionsbatterie dann, wenn sich die Temperatur der Bremsanlage, insbesondere die Temperatur der Bremsscheiben der Bremsanlage, innerhalb eines Temperaturfensters zwischen oberer Temperatur und unterer Temperatur bewegen. Nach Freigabe der Rekuperation beim Überschreiten der oberen Grenztemperatur er-

folgt ein Verzögern des Fahrzeugs mittels Rekuperation solange, bis sich die Temperatur der Bremsanlage auf eine untere Grenztemperatur abgekühlt hat, wobei die untere Grenztemperatur geringer ist als die obere Grenztemperatur.

**[0015]** Gemäß einer Ausführungsform wird das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation für eine vorbestimmte Zeitspanne freigegeben. Insbesondere wird das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation für die vorbestimmte Zeitspanne dann freigegeben, wenn die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage den oberen Grenzwert überschreitet und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat. Auf diese Weise kann eine besonders einfache Freigabe der Rekuperation erfolgen, nachdem bei einem hohen Ladezustand der Traktionsbatterie eine Erwärmung der Bremsanlage über den oberen Grenzwert detektiert worden ist. Nach Ablauf der vorgegebenen Zeitspanne kann erneut die Temperatur der Bremsanlage überprüft werden, um gegebenenfalls eine weitere Freigabe für die Rekuperation bei hohem Ladezustand durchzuführen. Alternativ kann die Rekuperation solange aufrechterhalten werden, wie die Temperatur der Bremsanlage den oberen Grenzwert überschritten hat. Die Rekuperation wird weiterhin für die vorgegebene Zeitspanne aufrechterhalten, nachdem detektiert worden ist, dass der obere Grenzwert unterschritten worden ist.

**[0016]** Gemäß einer Ausführungsform wird die maximale Bremsleistung für das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation in Abhängigkeit der Temperatur der mechanischen Bremsanlage eingestellt. Beispielsweise kann mit steigender Temperatur der mechanischen Bremsanlage die Bremsleistung mittels Rekuperation erhöht werden, um hierdurch einem weiteren Temperaturanstieg entgegenzuwirken. Entsprechend kann bei einer geringen Überschreitung des Grenzwertes für die Temperatur der Bremsanlage nur eine geringe Verzögerung mittels Rekuperation eingestellt werden, um ein übermäßiges Aufladen der Traktionsbatterie oberhalb des maximalen Ladezustandes zu vermeiden.

**[0017]** Gemäß einer Ausführungsform kann die Temperatur der mechanischen Bremsanlage unter Verwendung eines vorbestimmten Modelles berechnet werden. Beispielsweise können die thermischen Eigenschaften der mechanischen Bremsanlage, wie beispielsweise Masse, Wärmekapazität etc. zuvor ermittelt werden. Auf Grundlage der Parameter für ein thermisches Modell der Bremsanlage kann daraufhin der Temperaturverlauf in der Bremsanlage, insbesondere an den Bremsscheiben der Bremsanlage, berechnet werden, um hieraus auf die Temperaturen der Bremsanlage zu schließen.

**[0018]** Gemäß einer Ausführungsform kann die Temperatur der mechanischen Bremsanlage unter Verwendung mindestens eines sensorisch erfassten Temperaturwertes ermittelt werden. Beispielsweise kann hierzu ein Temperatursensor an der Bremsanlage oder in unmittelbarer Nähe der Bremsanlage vorgesehen sein, welcher eine Temperaturentwicklung der Bremsanlage erfasst. Darüber hinaus ist es grundsätzlich auch möglich, basierend auf weiteren Sensorwerten direkt oder indirekt auf die Temperaturentwicklung an der Bremsanlage zu schließen. Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt zum Aktivieren eines elektrischen Verbrauchers in dem Elektrofahrzeug. Insbesondere kann der elektrische Verbrauch in dem Elektrofahrzeug aktiviert werden, falls der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat und das Elektrofahrzeug mittels Rekuperation verzögert wird. Beispielsweise kann es sich bei dem Verbraucher um eine Heizung oder eine Klimaanlage handeln. Darüber hinaus sind selbstverständlich beliebige andere Verbraucher möglich, welche dazu in der Lage sind, die während der Rekuperation bereitgestellte elektrische Energie zumindest teilweise zu kompensieren.

**[0019]** Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt zum Ermitteln eines Höhenprofils einer geplanten Fahrtstrecke. Weiterhin kann das Verfahren einen Schritt zum Anpassen der maximalen Bremsleistung für das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation in Abhängigkeit des ermittelten Höhenprofils der geplanten Fahrtstrecke umfassen. Ist beispielsweise bekannt, dass die Fahrt bei einem hohen Ladezustand der Traktionsbatterie zunächst mit einer Bergabfahrt beginnt, an welche sich anschließend eine Fahrtstrecke mit einem Anstieg anschließt, so kann während der Bergabfahrt ein Aufladen der Traktionsbatterie über den vorgegebenen maximalen Ladezustand zugelassen werden. Insbesondere kann bei einem zu erwartenden hohen Verbrauch im Anschluss an eine solche Bergabfahrt das maximale Aufladen der Traktionsbatterie während der Rekuperation in Abhängigkeit des sich daraufhin anschließenden Verbrauchs angepasst werden. Ist beispielsweise bekannt, dass gemäß dem zu erwartenden Höhenprofil bzw. der zu erwartenden Fahrtstrecke nach einer Rekuperation oberhalb des maximalen Ladezustands der Traktionsbatterie sich kein weiterer Verbrauch anschließt, so kann das Verzögern des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation oberhalb des vorgegebenen maximalen Ladezustands unterbunden oder zumindest stark eingeschränkt werden. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass die Traktionsbatterie in einem zu hohen Ladezustand für einen längeren Zeitraum verweilt. Ist umgekehrt bekannt, dass sich der Rekuperation mit dem Aufladen der Traktionsbatterie oberhalb des maximalen Ladezustands eine weitere Fahrt, insbesondere eine Fahrt mit hohem Verbrauch anschließt, so

kann ein entsprechendes Aufladen der Traktionsbatterie auch über den vorgegebenen maximalen Ladezustand freigegeben werden.

**[0020]** Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, soweit sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Implementierungen umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich den Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmalen der Erfindung, Insbesondere wird der Fachmann auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu den jeweiligen Grundformen der Erfindung hinzufügen.

#### Figurenliste

**[0021]** Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert. Dabei zeigen:

**Fig. 1:** eine schematische Darstellung eines Elektrofahrzeugs mit einem Antriebs- und Bremssystem gemäß einer Ausführungsform;

**Fig. 2 - Fig. 4:** schematische Darstellungen von Temperatur-Zeitdiagrammen für die Temperatur an einer Bremsanlage gemäß Ausführungsformen für ein Verfahren zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs; und

**Fig. 5:** ein Ablaufdiagramm, wie es einem Verfahren zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs gemäß einer Ausführungsform zugrunde liegt.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0022]** **Fig. 1** zeigt ein Blockschaubild eines Antriebs- und Bremssystems für ein Elektrofahrzeug **100**. Das Elektrofahrzeug **100** kann beispielsweise mittels eines elektrischen Antriebssystems **20** angetrieben werden. Hierzu kann eine elektrische Maschine **21** mittels eines Stromrichters **22** angesteuert werden. Der Stromrichter **22** wird von einer Traktionsbatterie **23** gespeist. Während des Antriebs kann der Stromrichter **22** somit die elektrische Maschine **21** derart ansteuern, um ein vorgegebenes Drehmoment oder eine vorgegebene Drehzahl einzustellen. Darüber hinaus kann die elektrische Maschine **21** auch als Generator betrieben werden. In diesem Fall kann die elektrische Maschine **21** kinetische Energie des Elektrofahrzeugs **100** in elektrische Energie umwandeln. Die elektrische Energie von der elektrischen Maschine **21** während der Rekuperation kann von dem Stromrichter **22** gleichgerichtet und in die Traktionsbatterie **23** eingespeist werden.

**[0023]** Zusätzlich ist es auch möglich, das Elektrofahrzeug **100** mittels einer konventionellen, mechanischen Bremsanlage **30** zu verzögern bzw. abzubremesen.

**[0024]** In der Regel sollte sich der Ladezustand (State of Charge, SoC) der Traktionsbatterie **23** zwischen einem unteren minimalen Ladezustand und einem oberen maximalen Ladezustand bewegen. Befindet sich der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** für einen längeren Zeitraum außerhalb dieses vorgegebenen Bereiches, so kann dies unter Umständen eventuell zu einer Schädigung der Traktionsbatterie **23** führen. Daher werden Ladezustände außerhalb des vorgegebenen Bereiches in der Regel vermieden. Entsprechend sollte beim Erreichen des oberen Grenzwertes für den Ladezustand der Traktionsbatterie **23** auch während einer Rekuperation keine weitere elektrische Energie in die Traktionsbatterie **23** eingespeist werden. In diesem Fall muss das Verzögern des Elektrofahrzeugs **100** vollständig mittels der mechanischen Bremsanlage **30** erfolgen. Dabei wird die kinetische Energie des Elektrofahrzeugs **100** in der Bremsanlage **30** größtenteils in thermische Energie umgewandelt. Dies kann zu einer Erwärmung der mechanischen Bremsanlage **30** führen. Um Einbußen in der Bremsleistung oder gegebenenfalls auch eine Beschädigung der mechanischen Bremsanlage **30** zu verhindern, sollte die Temperatur an der Bremsanlage **30**, insbesondere an den Bremsscheiben der Bremsanlage **30**, nicht zu sehr ansteigen. Daher muss die Bremsanlage **30** entsprechend dimensioniert sein, um die thermische Energie während des Bremsvorganges aufzunehmen und an die Umgebung abgeben zu können.

**[0025]** Wird die Traktionsbatterie **23** eines Elektrofahrzeugs **100** beispielsweise in großer Höhe, zum Beispiel auf einem Berg, sehr stark aufgeladen, beispielsweise bis kurz vor oder auf den maximal zulässigen Ladezustand, so kann daraufhin bei einer Fahrt zu einem niedriggelegenen Punkt, beispielsweise in ein Tal, keine weitere elektrische Energie in die Traktionsbatterie **23** eingespeist werden, ohne dass der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** den maximalen vorgegebenen Ladezustand überschreitet. Entsprechend muss die gesamte Bremsleistung während der Fahrt von dem höhergelegenen Punkt zu einem niedriggelegenen Punkt durch die mechanische Bremsanlage **30** aufgebracht werden. Dies kann zu einer starken Erwärmung der Bremsanlage **30** führen. Um die Bremsanlage **30** dabei zu entlasten, kann gegebenenfalls ein kurzzeitiges Aufladen der Traktionsbatterie **23** oberhalb des vorgegebenen oberen Grenzwertes für den Ladezustand zugelassen werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich im Anschluss an den Rekuperationsvorgang eine weitere Fahrt des Elektrofahrzeugs **100** anschließt, so dass die Traktionsbatterie **23** entladen wird und dabei der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** wieder unter den oberen Grenzwert für den Ladezustand der Traktionsbatterie **23** fällt. Somit ist keine dauerhafte Beschädigung der Traktionsbatterie **23** zu erwarten.

**[0026]** Um das Aufladen der Traktionsbatterie **23** über den oberen Grenzwert für den Ladezustand zu begrenzen, wird eine Rekuperation erst dann freigegeben, wenn eine Temperatur in der Bremsanlage **30**, beispielsweise an einer Bremsscheibe der Bremsanlage **30**, einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet. Mit anderen Worten, ein Aufladen der Traktionsbatterie **23** über den vorgegebenen maximalen Ladezustand hinaus während einer Rekuperation wird nur dann zugelassen, wenn auch die Temperatur an der mechanischen Bremsanlage einen oberen Grenzwert überschreitet.

**[0027]** Die Temperatur an der mechanischen Bremsanlage **30**, insbesondere an einer Bremsscheibe der mechanischen Bremsanlage **30** kann dabei auf beliebige Weise ermittelt werden. Beispielsweise kann die Temperatur mittels eines geeigneten Sensors (nicht dargestellt) direkt oder indirekt sensorisch erfasst werden. Zusätzlich oder alternativ ist es auch möglich, die Temperatur der mechanischen Bremsanlage **30** zu berechnen. Beispielsweise kann hierzu ein thermisches Modell der mechanischen Bremsanlage **30** erstellt werden. Auf Grundlage dieses thermischen Modells kann die Temperaturentwicklung an der mechanischen Bremsanlage **30** berechnet werden. Beispielsweise können für die Berechnung der Temperatur an der Bremsanlage **30** Informationen wie Masse, Wärmekapazität, etc. der Bremsanlage **30** berücksichtigt werden. Weiterhin können Umgebungstemperatur, Geschwindigkeitsverlauf des Elektrofahrzeugs **100** sowie Informationen über das Höhenprofil der Fahrtstrecke bei der Berechnung der Temperaturentwicklung der mechanischen Bremsanlage **30** berücksichtigt werden. Selbstverständlich sind auch beliebige andere Parameter zur Berechnung der Temperaturentwicklung an der Bremsanlage **30** möglich.

**[0028]** Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Temperatur-Zeitdiagramms für den Verlauf einer Temperatur  $T$  an der Bremsanlage **30** des Elektrofahrzeugs. 100 Wie hierbei zu erkennen ist, steigt die Temperatur  $T$  an der mechanischen Bremsanlage **30** bis zum Zeitpunkt  $t_1$  zunächst an. Zum Zeitpunkt  $t_1$  wird der obere Grenzwert  $T_1$  für die Temperatur der mechanischen Bremsanlage **30** erreicht. Daraufhin wird ein Verzögern des Elektrofahrzeugs **100** mittels Rekuperation freigegeben, auch wenn der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** bereits einen vorgegebenen maximalen Ladezustand erreicht hat. In dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Rekuperation des Elektrofahrzeugs **100** daraufhin für eine vorgegebene Zeitspanne  $\Delta t$  bis zum Zeitpunkt  $t_2$  freigegeben. Dabei wird die mechanische Bremsanlage **30** entlastet, so dass sich die Temperatur an der mechanischen Bremsanlage **30** verringern kann. Zum Zeitpunkt  $t_2$  wird die Rekuperation und somit das Aufladen der Traktionsbatterie **23** deaktiviert. Daraufhin kann sich gegebenenfalls die Temperatur

an der mechanischen Bremsanlage **30** bis zum Zeitpunkt  $t_3$  wieder erhöhen. Zum Zeitpunkt  $t_3$  wird erneut der obere Grenzwert  $T_1$  an der mechanischen Bremsanlage **30** erreicht, so dass daraufhin wieder für eine Zeitspanne  $\Delta t$  bis zum Zeitpunkt  $t_4$  eine Rekuperation freigegeben wird, auch wenn der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

**[0029]** Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Temperaturverlaufs einer mechanischen Bremsanlage **30** gemäß einer weiteren Ausführungsform. Zunächst steigt bis zum Zeitpunkt  $t_5$  die Temperatur an der mechanischen Bremsanlage **30** an. Zum Zeitpunkt  $t_5$  wird der obere Grenzwert  $T_1$  für die Temperatur an der mechanischen Bremsanlage **30** erreicht. Daraufhin wird eine Rekuperation freigegeben, auch wenn an der Traktionsbatterie **23** ein vorgegebener maximaler Ladezustand bereits erreicht oder überschritten ist. Daraufhin kann die Temperatur  $T$  an der mechanischen Bremsanlage **30** absinken. Zum Zeitpunkt  $t_6$  sinkt die Temperatur  $T$  an der mechanischen Bremsanlage **30** bis auf einen unteren Grenzwert  $T_2$ . Daraufhin wird die Rekuperation an dem Elektrofahrzeug **100** deaktiviert, zumindest solange, bis der Ladezustand in der Traktionsbatterie **30** den vorgegebenen maximalen Ladezustand unterschritten hat. Wird jedoch im weiteren Verlauf die Temperatur  $T$  der mechanischen Bremsanlage **30** erneut über den oberen Grenzwert  $T_1$  ansteigen, so kann die Rekuperation an dem Elektrofahrzeug erneut freigegeben werden, auch wenn der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

**[0030]** Fig. 4 zeigt ein Temperatur-Zeitdiagramm für die Temperatur  $T$  der mechanischen Bremsanlage **30** gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel. Auch hier kann die Temperatur  $T$  der mechanischen Bremsanlage **30** zunächst aufgrund einer deaktivierten Rekuperation bis zu dem oberen Grenzwert  $T_1$  ansteigen. Wird zum Zeitpunkt  $t_7$  der obere Grenzwert  $T_1$  für die Temperatur der mechanischen Bremsanlage **30** erreicht, so kann daraufhin die Rekuperation an dem Elektrofahrzeug **100** freigegeben werden, selbst wenn der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** einen vorgegebenen maximalen Ladezustand erreicht oder überschritten hat. Hierbei wird die Verzögerung des Elektrofahrzeugs **100** mittels Rekuperation dynamisch angepasst. Insbesondere kann der Anteil der Verzögerung des Elektrofahrzeugs mittels Rekuperation angepasst werden, um einen weiteren Anstieg der Temperatur  $T$  der mechanischen Bremsanlage **30** über den oberen Grenzwert  $T_1$  zu vermeiden. Auf diese Weise kann die Menge der elektrischen Energie, welche in die Traktionsbatterie **23** während der Rekuperation eingespeist wird, auf ein Minimum begrenzt werden.

**[0031]** Zur Steuerung des Bremsverhaltens des Elektrofahrzeugs kann beispielsweise eine Vorrichtung **10** mit einer Temperaturüberwachungseinrichtung **11**, einer Ladekontrolleinrichtung **12** und einer Steuereinrichtung **13** vorgesehen sein. Die Temperaturüberwachungseinrichtung **11** kann, wie zuvor bereits beschrieben, die Temperatur der mechanischen Bremsanlage **30** mittels Sensoren und/oder einem thermischen Modell ermitteln. Die Ladekontrolleinrichtung **12** kann den Ladezustand der Traktionsbatterie **23** ermitteln. Beispielsweise kann die Ladekontrolleinrichtung **12** den Ladezustand von einem Batterimanagementsystem der Traktionsbatterie **23** empfangen. Auf Grundlage der ermittelten Temperatur der mechanischen Bremsanlage **30** und dem Ladezustand der Traktionsbatterie **23** kann die Steuereinrichtung **13** daraufhin das Verzögern des Elektrofahrzeugs **100** mittels Rekuperation steuern. Insbesondere kann zunächst eine Rekuperation und damit ein weiteres Aufladen der Traktionsbatterie **23** unterbunden werden, wenn der Ladezustand der Traktionsbatterie **23** einen vorgegebenen maximalen Ladezustand erreicht hat. Wird darüber hinaus jedoch detektiert, dass die Temperatur an der mechanischen Bremsanlage **30** einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet, so kann daraufhin auch bei einem Ladezustand der Traktionsbatterie **23** über den vorgegebenen maximalen Ladezustand eine Rekuperation und damit ein weiteres Aufladen der Traktionsbatterie **23** freigegeben werden.

**[0032]** Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms eines Verfahrens zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs. In Schritt **S1** wird eine Temperatur der mechanischen Bremsanlage **30** des Elektrofahrzeugs **100** ermittelt. In Schritt **S2** wird ein Ladezustand der Traktionsbatterie **23** des Elektrofahrzeugs ermittelt. In Schritt **S3** erfolgt ein Verzögern des Elektrofahrzeugs **100** mittels Rekuperation, falls die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage **30** einen oberen Grenzwert überschritten hat und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie **23** einen vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

**[0033]** Zusammenfassend betrifft die vorliegende Erfindung die Steuerung der Rekuperation eines Elektrofahrzeugs. Insbesondere kann in Abhängigkeit einer Temperatur an der mechanischen Bremsanlage ein Aufladen einer Traktionsbatterie des Elektrofahrzeugs über einen oberen Grenzwert freigegeben werden, wenn sich die mechanische Bremsanlage stark erwärmt.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102008061821 A1 [0004]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs (100), mit den Schritten:  
Ermitteln (S1) einer Temperatur einer mechanischen Bremsanlage (30) des Elektrofahrzeugs (100);  
Ermitteln (S2) eines Ladezustands einer Traktionsbatterie (23) des Elektrofahrzeugs (100);  
Verzögern (S3) des Elektrofahrzeugs (100) mittels Rekuperation, falls die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage (30) einen oberen Grenzwert (T1) überschritten hat und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie (23) einen vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verzögern (S3) des Elektrofahrzeugs (100) mittels Rekuperation freigegeben wird, wenn die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage (30) den oberen Grenzwert (T1) überschreitet und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie (23) den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat, und wobei das Verzögern (S3) des Elektrofahrzeugs (100) mittels Rekuperation deaktiviert wird, wenn die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage (30) einen unteren Grenzwert (T2) unterschreitet und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie (23) den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verzögern (S3) des Elektrofahrzeugs (100) mittels Rekuperation für eine vorbestimmte Zeitspanne ( $\Delta t$ ) freigegeben wird, wenn die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage (30) den oberen Grenzwert (T1) überschreitet und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie (23) den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine maximale Bremsleistung für das Verzögern des Elektrofahrzeugs (100) mittels Rekuperation in Abhängigkeit der Temperatur der mechanischen Bremsanlage (30) eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Temperatur der mechanischen Bremsanlage (32) unter Verwendung eines vorbestimmten Modells berechnet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Temperatur der mechanischen Bremsanlage (30) unter Verwendung mindestens eines sensorisch erfassten Temperaturwertes ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit einem Schritt zum Aktivieren eines elektrischen Verbrauchers in dem Elektrofahrzeug (100), falls die ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie (23) den vorgegebenen maximalen Ladezustand überschrit-

ten hat und das Elektrofahrzeug (ein) mittels Rekuperation verzögert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit den Schritten:  
Ermitteln eines Höhenprofils einer geplanten Fahrtstrecke, und  
Anpassen der maximalen Bremsleistung für das Verzögern des Elektrofahrzeugs (100) mittels Rekuperation in Abhängigkeit des ermittelten Höhenprofils der geplanten Fahrtstrecke.

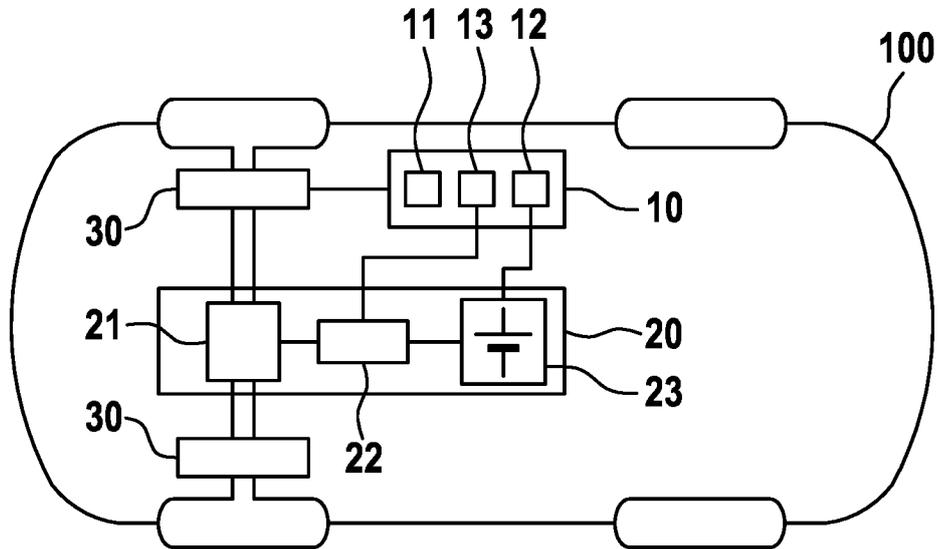
9. Vorrichtung (10) zur Steuerung des Bremsverhaltens eines Elektrofahrzeugs (100), mit:  
einer Temperaturüberwachungseinrichtung (11), die dazu ausgelegt ist, eine Temperatur einer mechanischen Bremsanlage (30) des Elektrofahrzeugs (100) zu ermitteln;  
einer Ladekontrolleinrichtung (12), die dazu ausgelegt ist, einen Ladezustand einer Traktionsbatterie (23) des Elektrofahrzeugs (100) zu ermitteln;  
einer Steuereinrichtung (13), die dazu ausgelegt ist, ein Verzögern des Elektrofahrzeugs (100) mittels Rekuperation freizugeben, falls die ermittelte Temperatur der mechanischen Bremsanlage (30) einen oberen Grenzwert (T1) überschritten hat und der ermittelte Ladezustand der Traktionsbatterie (23) einen vorgegebenen maximalen Ladezustand überschritten hat.

10. Antriebs- und Bremssystem für ein Elektrofahrzeug (100), mit:  
einer Traktionsbatterie (23);  
einem elektrischen Antriebssystem (20), das dazu ausgelegt ist, in einem Rekuperationsmodus das Elektrofahrzeug (100) zu verzögern und dabei die Traktionsbatterie (23) aufzuladen; und  
einer Vorrichtung (10) zur Steuerung des Betriebsverhaltens des Elektrofahrzeugs (100) nach Anspruch 9.

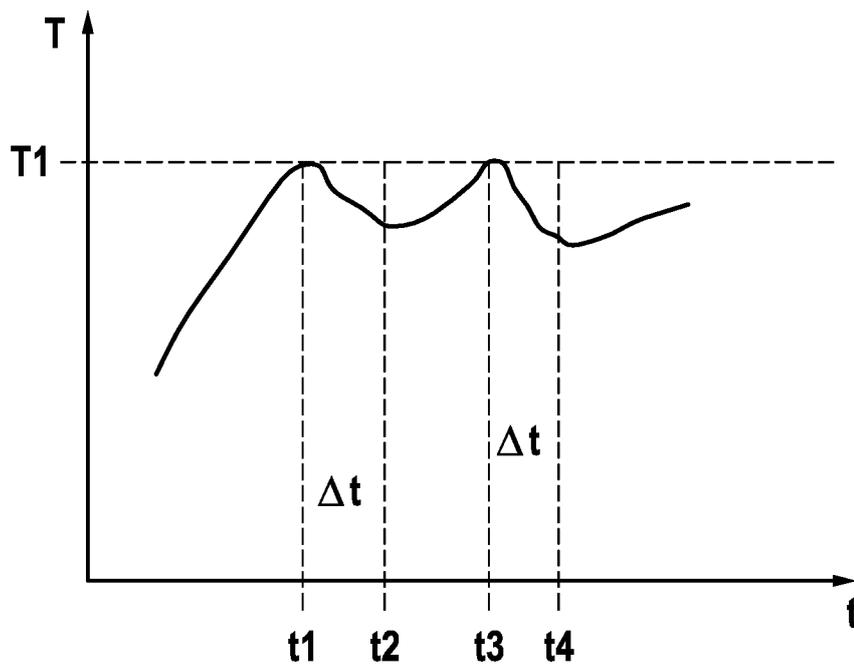
Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

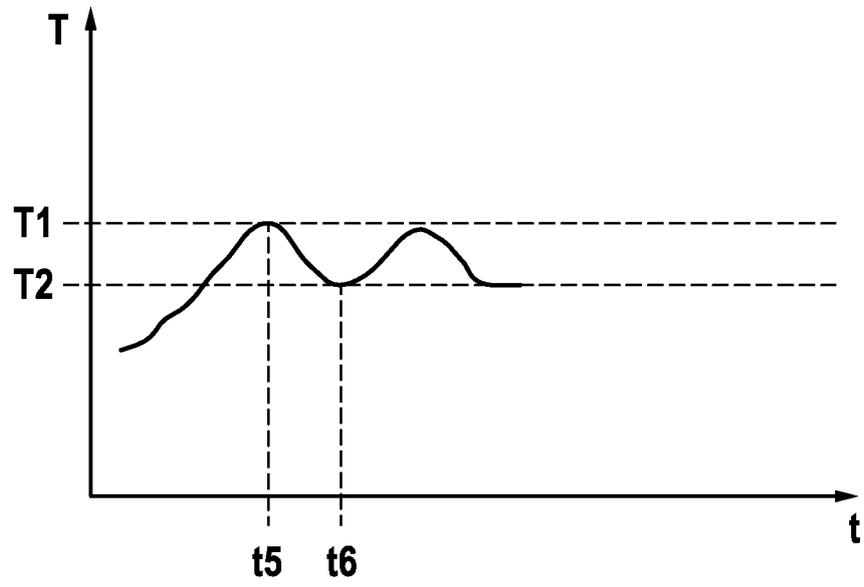
**Fig. 1**



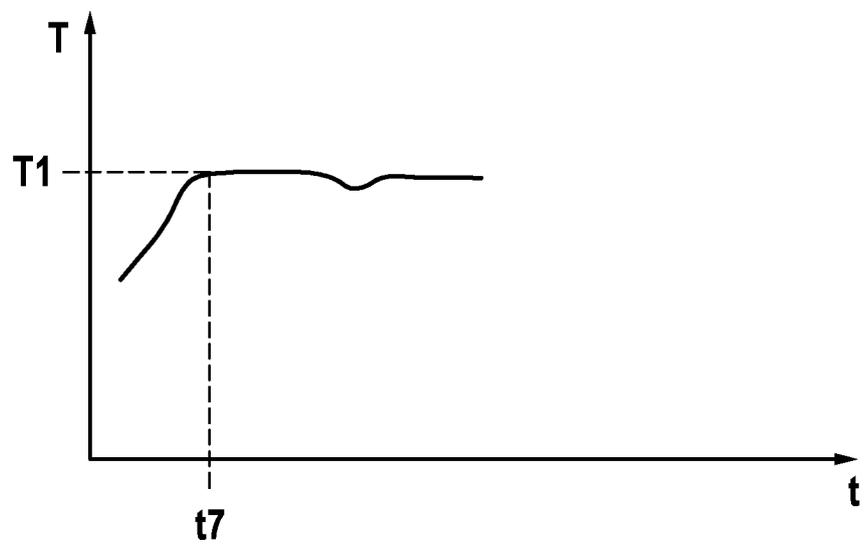
**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**

