



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 219 528.1**
 (22) Anmeldetag: **27.09.2013**
 (43) Offenlegungstag: **02.04.2015**

(51) Int Cl.: **H02J 17/00 (2006.01)**
B60L 11/18 (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
JP 2010- 233 354 A

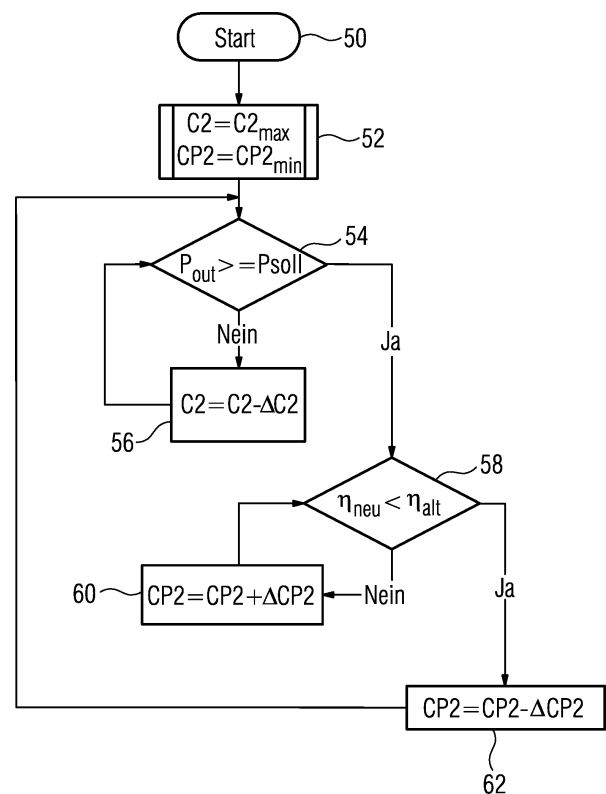
(72) Erfinder:
Blum, Manuel, 85521 Ottobrunn, DE; Komma, Thomas, 85521 Ottobrunn, DE; Mantel, Mirjam, 81667 München, DE; Poehl, Monika, 81667 München, DE

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Laden eines elektrischen Energiespeichers eines elektrisch antreibbaren Fahrzeugs**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein elektrisch antreibbares Fahrzeug (30) mit einer Antriebsvorrichtung, die eine elektrische Maschine aufweist, mit einem elektrischen Energiespeicher, der an die elektrische Maschine angeschlossen ist, und mit einer an den elektrischen Energiespeicher angeschlossenen Ladeeinrichtung (46) zum drahtlosen Übertragen von Energie mittels eines magnetischen Wechselfeldes (22), zu welchem Zweck die Ladeeinrichtung (46) eine elektronische, mit dem magnetischen Wechselfeld (22) wechselwirkende Spule (32) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronische Spule (32) an eine einstellbare Kompensationsschaltung (42) angeschlossen ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein elektrisch antreibbares Fahrzeug mit einer Antriebsvorrichtung, die eine elektrische Maschine aufweist, mit einem elektrischen Energiespeicher, der an die elektrische Maschine angeschlossen ist, und mit einer an den elektrischen Energiespeicher angeschlossenen Ladeeinrichtung zum drahtlosen Übertragen von elektrischer Energie mittels eines magnetischen Wechselfeldes, zu welchem Zweck die Ladeeinrichtung eine elektronische, mit dem magnetischen Wechselfeld wechselwirkende Spule aufweist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betreiben einer Ladeeinrichtung eines elektrisch antreibbaren Fahrzeugs mit einer elektrischen Maschine aufweisenden Antriebsvorrichtung und einem an die elektrische Maschine angeschlossenen elektrischen Energiespeicher, wobei die Ladeeinrichtung von einem magnetischen Wechselfeld bereitgestellte Energie mittels einer mit dem magnetischen Wechselfeld wechselwirkenden elektronischen Spule aufnimmt und dem elektrischen Energiespeicher in Form von elektrischer Energie zuführt. Schließlich betrifft die Erfindung ein Rechnerprogrammprodukt umfassend ein Programm für eine Rechneinheit einer Ladeeinrichtung.

[0002] Fahrzeuge der gattungsgemäßen Art mit einer Ladeeinrichtung zum drahtlosen Übertragen von Energie mittels eines magnetischen Wechselfeldes sind dem Grunde nach bekannt, so dass es eines gesonderten druckschriftlichen Nachweises hierfür nicht bedarf. Das elektrisch antreibbare Fahrzeug weist die Ladeeinrichtung auf, damit dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug Energie zugeführt werden kann, die vorzugsweise in einem Energiespeicher des Fahrzeugs zum Zwecke einer Ausführung eines bestimmungsgemäßen Betriebs, nämlich des Fahrbetriebs, gespeichert wird. Die Energie wird in der Regel mittels einer Ladestation bereitgestellt, die ihrerseits an eine elektrische Energiequelle, beispielsweise an ein öffentliches Energieversorgungsnetz, an einen elektrischen Generator, an eine Batterie und/oder dergleichen angeschlossen ist. Die Ladestation erzeugt das magnetische Wechselfeld unter Aufnahme elektrischer Energie der elektrischen Energiequelle. Die Ladeeinrichtung des Fahrzeugs erfasst das magnetische Wechselfeld, entnimmt diesem Energie und stellt elektrische Energie fahrzeugseitig bereit, insbesondere, um den elektrischen Energiespeicher des Fahrzeugs und/oder die elektrische Maschine der Antriebsvorrichtung mit elektrischer Energie zu versorgen.

[0003] Eine Möglichkeit der Zuführung der Energie von der Ladestation zur Ladungseinrichtung des Fahrzeugs besteht dadurch, dass eine elektrische Verbindung als energietechnische Kopplung mittels eines Kabels zwischen dem Fahrzeug und der La-

destation hergestellt wird. Darüber hinaus ist es bekannt, gemäß einer weiteren Möglichkeit eine drahtlose energietechnische Kopplung herzustellen, die eine aufwändige mechanische Anbindung mittels Kabel vermeidet. Zu diesem Zweck ist ladestationsseitig und fahrzeugseitig in der Regel jeweils eine Spulenschaltung vorgesehen, die während eines Ladevorgangs im Wesentlichen gegenüberliegend zueinander angeordnet sind und eine energietechnische Kopplung unter Nutzung eines magnetischen Wechselfeldes ermöglichen. Eine solche Anordnung ist beispielsweise aus der KR 10 2012 0 016 521 A bekannt.

[0004] In Systemen, bei denen Energie mittels eines magnetischen Wechselfeldes übertragen wird, auch induktive Energieübertragung genannt, verändern sich durch Variation eines Abstandes und/oder eines Versatzes Induktivitäten der beteiligten Spulenschaltungen zum Teil wesentlich. Bei bekannten Systemen resultiert dies in einer wesentlichen Änderung der Betriebsfrequenz, das heißt, der Frequenz des magnetischen Wechselfeldes. Ändern sich die Parameter der Spulenschaltungen über einen Vergleichswert hinaus, bewirkt dies eine Verringerung des Wirkungsgrades, so dass eine vorgegebene Bemessungsleistung nicht mehr übertragen werden kann.

[0005] Eine Möglichkeit, eine Anpassung der Arbeitsfrequenz vornehmen zu können, basiert auf der Nutzung von Kapazitätsdioden, um eine Frequenzabstimmung erreichen zu können. Eine Anwendung dieser Art der Frequenzabstimmung bei Systemen zur induktiven Energieübertragung, beispielsweise zum Zwecke des Ladens eines Energiespeichers eines Elektrofahrzeugs, gestaltet sich als aufwändig. Es ist lediglich ein geringer Abstimmungsbereich erreichbar. Darüber hinaus ist aufgrund der im bestimmungsgemäßen Betrieb auftretenden Spannungen und zu übertragenden Leistungen eine aufwändige Reihen- und Parallelschaltung von Kapazitätsdioden erforderlich. Um der im bestimmungsgemäßen Betrieb auftretenden Änderung der Arbeitsfrequenz entgegenwirken zu können, ist ein entsprechend hoher Schaltungsaufwand erforderlich.

[0006] Die induktive Energieübertragung weist den Mangel auf, dass die übertragbare Leistung und der Wirkungsgrad von einem Luftspalt zwischen der Ladestation und dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug sowie einem Versatzbereich abhängig sind. Bei einer vorgegebenen Systemauslegung kann somit nur ein zufriedenstellender bestimmungsgemäßer Betrieb innerhalb eines engen Luftspaltbereichs sowie eines engen Last- und Versatzbereichs erreicht werden. Die übertragene Leistung kann dort nur noch durch eine Änderung der Arbeitsfrequenz eingestellt werden, die jedoch aufgrund normativer Grenzen und Vorgaben stark eingeschränkt ist.

[0007] Es ist deshalb die Aufgabe der Erfindung, ein elektrisch antreibbares Fahrzeug sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Ladeeinrichtung des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs anzugeben, mit denen die vorgenannten Probleme reduziert werden können.

[0008] Als Lösung wird mit der Erfindung ein elektrisch antreibbares Fahrzeug der gattungsgemäßen Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 vorgeschlagen. Verfahrenseitig wird ein Verfahren gemäß dem weiteren unabhängigen Anspruch 5 vorgeschlagen. Schließlich wird mit dem weiteren unabhängigen Anspruch 8 ein Rechnerprogrammprodukt vorgeschlagen. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich durch Merkmale und Eigenschaften der unabhängigen Ansprüche.

[0009] Induktive Energieübertragung beziehungsweise drahtlose energietechnische Kopplung im Sinne der Erfindung ist eine Kopplung zum Zwecke der Übertragung von Energie, die es ermöglicht, zumindest unidirektional Energie von einer Energiequelle zu einer Energiesenke zu übertragen. Die Energiequelle kann beispielsweise ein öffentliches Energieversorgungsnetz, ein elektrischer Generator, eine Solarzelle, eine Brennstoffzelle, eine Batterie, Kombinationen hiervon und/oder dergleichen sein. Die Energiesenke kann beispielsweise eine Antriebsvorrichtung des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs sein, insbesondere eine elektrische Maschine der Antriebsvorrichtung und/oder ein elektrischer Energiespeicher der Antriebsvorrichtung, beispielsweise ein Akkumulator oder dergleichen. Es kann aber auch eine bidirektionale Energieübertragung vorgesehen sein, das heißt, eine Energieübertragung wechselweise in beide Richtungen. Diesem Zweck dient unter anderem die Ladestation, die Energie an das elektrisch antreibbare Fahrzeug übertragen soll, zu welchem Zweck sie von einer Energiequelle elektrische Energie bezieht, an die sie elektrisch angeschlossen ist.

[0010] Drahtloses energietechnisches Koppeln beziehungsweise induktive Energieübertragung im Sinne der Erfindung meint, dass zwischen der Ladestation und dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug keine mechanische Verbindung zum Herstellen einer elektrischen Kopplung vorgesehen werden braucht. Insbesondere kann das Herstellen einer elektrischen Verbindung mittels eines Kabels vermieden werden. Stattdessen erfolgt die energietechnische Kopplung im Wesentlichen allein aufgrund eines Energiefeldes, vorzugsweise eines magnetischen Wechselfeldes.

[0011] Die Ladestation ist deshalb dazu eingerichtet, ein entsprechendes Energiefeld, insbesondere ein magnetisches Wechselfeld, zu erzeugen. Fahrzeugseitig ist entsprechend vorgesehen, dass ein derartiges Energiefeld beziehungsweise magnetisches

Wechselfeld erfasst werden kann und daraus Energie für den bestimmungsgemäßen Betrieb des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs gewonnen wird. Mittels der Ladeeinrichtung des Fahrzeugs wird die mittels des Energiefeldes, insbesondere des magnetischen Wechselfeldes, zugeführte Energie in eine elektrische Energie umgewandelt, die sodann vorzugsweise in dem Energiespeicher des Fahrzeugs für dessen bestimmungsgemäßen Betrieb gespeichert werden kann. Darüber hinaus kann die Energie auch unmittelbar der elektrischen Maschine der Antriebsvorrichtung des Fahrzeugs zugeführt werden. Die energietechnische Kopplung dient also im Wesentlichen dem Übertragen von Energie und nicht zuvorderst dem Übertragen von Informationen. Dementsprechend sind die Mittel zur Durchführung der Erfindung für einen entsprechend hohen Leistungsdurchsatz im Unterschied zu einer drahtlosen Kommunikationsverbindung ausgelegt.

[0012] Ein wesentliches Element für eine drahtlose energietechnische Kopplung, insbesondere mittels des magnetischen Wechselfeldes, ist eine Spulenschaltung, die wenigstens eine elektronische Spule, gelegentlich auch mehrere elektronische Spulen, umfasst, die fahrzeugseitig vom Energiefeld, insbesondere dem magnetischen Fluss bei einem magnetischen Wechselfeld als Energiefeld, durchflutet werden und an ihren entsprechenden Anschlüssen eine elektrische Energie bereitstellen. Entsprechend ist ladestationsseitig die Spulenschaltung elektrisch mit einem Wechselstrom beaufschlagt, so dass die Spulenschaltung mittels ihrer Spule beziehungsweise Spulen ein magnetisches Wechselfeld bereitstellt, mittels dem Energie abgegeben werden kann. Über das magnetische Wechselfeld ist die Spulenschaltung der Ladestation mit der Spulenschaltung des elektrischen antreibbaren Fahrzeugs während eines Ladevorgangs gekoppelt.

[0013] In der Regel weist die Spule eine Wicklung mit mehreren Windungen eines elektrischen Leiters auf, wobei die Wicklung in der Regel einen ferromagnetischen Körper, der häufig durch einen Ferrit gebildet ist, umfasst beziehungsweise umschließt. Mittels des ferromagnetischen Körpers kann der magnetische Fluss in gewünschter Weise geführt werden, so dass die Wirksamkeit der energietechnischen Kopplung aufgrund des magnetischen Wechselfeldes zwischen den Spulenschaltungen der Ladestation und des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs verstärkt werden kann.

[0014] Der die Windungen bildende elektrische Leiter der elektronischen Spule ist häufig als sogenannte Hochfrequenzlitze ausgebildet, das heißt, er besteht aus einer Vielzahl von gegeneinander elektrisch isolierten Einzelleitern beziehungsweise Drähten, die entsprechend, den Leiter bildend zusammengefasst sind. Dadurch wird erreicht, dass bei Frequenzan-

wendungen wie bei der Erfindung ein Stromverdrängungseffekt reduziert ist beziehungsweise im Wesentlichen vermieden wird. Um eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung auf die einzelnen Drähte der Hochfrequenzlitze verbessern zu können, ist in der Regel noch ein Verdrillen der Einzeldrähte vorgesehen. Das Verdrillen kann auch umfassen, dass Bündel aus einer bestimmten Anzahl von Einzeldrähten gebildet werden, die in sich selbst verdrillt sind, und wobei diese Bündel, den elektrischen Leiter bildend, ebenfalls verdrillt sind.

[0015] Ein wichtiger Aspekt der Erfindung zielt darauf ab, dass bei einer gattungsgemäßen Schaltungsanordnung die Spulenschaltung und/oder die Kompensationsschaltung in Abhängigkeit eines Kopplungsgrades der drahtlosen energietechnischen Kopplung einstellbar ausgebildet sind. Dies kann beispielsweise mittels einer Steuereinheit erreicht werden, die von der Schaltungsanordnung vorzugsweise umfasst sein kann. Zu diesem Zweck ist die wenigstens eine elektronische Spule der Spulenschaltung oder auch der wenigstens eine passive elektronische Energiespeicher der Kompensationsschaltung einstellbar ausgebildet. Zum Beispiel kann die elektronische Spule durch eine Serienschaltung mehrerer elektronischer Spulen gebildet sein, die bedarfsweise aktiviert werden können. Desgleichen kann für den passiven elektronischen Energiespeicher der Kompensationsschaltung vorgesehen sein, dass dieser variabel einstellbar ist, beispielsweise ein mechanisch einstellbarer passiver elektronischer Energiespeicher. Mit diesen Maßnahmen ist es möglich, eine feinstufige Frequenzabstimmung bezüglich der Arbeitsfrequenz erreichen zu können. Bei Anwendung der Erfindung bei einem elektrisch antreibbaren Fahrzeug beziehungsweise einer Ladestation kann eine feinstufige Frequenzabstimmung eines primär- und sekundärseitigen Schwingkreises von Systemen zur induktiven Energieübertragung erreicht werden. Die Erfindung erlaubt es, auch bei einem großen Abstand beziehungsweise Luftspalt beziehungsweise Änderungen hiervon und/oder bei entsprechenden Versatztoleranzen eine entsprechende Anpassung zu bewirken. Eine Änderung der Arbeitsfrequenz kann hierdurch minimiert werden, weshalb die eingangs genannten Nachteile reduziert werden können. Besonders vorteilhaft erweist die Erfindung bei Anwendung des Ladens eines Akkumulators als Energiespeicher eines elektrisch antreibbaren Fahrzeugs an einer Stromtankstelle als Ladestation. Die Erfindung erlaubt es, auch bei ungünstiger Position des Fahrzeugs gegenüber der Stromtankstelle einen zuverlässigen Betrieb, insbesondere Ladebetrieb mit hohem Wirkungsgrad und hoher Leistung erreichen zu können. Die Einstellbarkeit ermöglicht es, sowohl stromtankstellenseitig als auch fahrzeugseitig sowohl mittels der Spulenschaltung als auch mit der Kompensationsschaltung eine Adaption des Gesamtsystems zu erreichen, die auch bei ungünstigen Randbe-

dingungen einen zuverlässigen und hoch wirksamen Ladebetrieb erlaubt.

[0016] Ein Kopplungsgrad der drahtlosen energietechnischen Kopplung kann beispielsweise mittels einer geeigneten Schaltung, insbesondere der Steuereinheit ermittelt werden. Zu diesem Zweck kann die Steuereinheit beispielsweise ladestationsseitig ermitteln, wie viel Wirkleistung im Vergleich zur maximal möglichen Wirkleistung ladestationsseitig abgegeben wird. Entsprechend kann natürlich fahrzeugseitig vorgesehen sein, dass ein Wirkleistungsanteil in Bezug auf einen maximal möglichen Wirkleistungsanteil ermittelt wird, um den Wirkungsgrad ermitteln zu können. Darüber hinaus können natürlich auch in beiden Fällen Blindleistungen berücksichtigt werden, sofern sie für die Ermittlung des Wirkungsgrades relevant sein können. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass im Falle der energietechnischen Kopplung des Fahrzeugs mit der Ladestation Informationen insbesondere bezüglich der übertragenen Leistungen und der Wirkungsgrade an die jeweils andere Stelle übermittelt werden. Auf diese Weise können Gesamtwirkungsgrade und mögliche Maßnahmen der Einstellung der Spulenschaltung und der Kompensationsschaltung vorgenommen werden. Die Kompensationsschaltung und die Spulenschaltung kann natürlich auch lediglich auf Basis der eigenen ermittelten Werte eingestellt werden.

[0017] Die Spulenschaltung weist wenigstens eine elektronische Spule auf. Sie kann darüber hinaus aber auch mehrere Spulen aufweisen, die beispielsweise seriell und/oder parallel zusammen geschaltet sind. So kann vorgesehen sein, dass die Spulenschaltung eine Anordnung von mehreren räumlich benachbarten Spulen aufweist, die in Abhängigkeit eines Kopplungsgrades jeweils selektiv aktiviert werden können.

[0018] Insbesondere schlägt die Erfindung deshalb fahrzeugseitig vor, dass die elektronische Spule an eine einstellbare Kompensationsschaltung angeschlossen ist. Dem Grunde nach kann eine solche Einstellbarkeit natürlich auch ladestationsseitig vorgesehen sein, sofern dort eine entsprechende Kompensationsschaltung vorgesehen ist.

[0019] Mit diesen Maßnahmen ist es möglich, nicht nur die übertragbare Leistung, sondern auch den Wirkungsgrad zu beeinflussen und so einen zuverlässigen bestimmungsgemäßen Ladebetrieb des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs, insbesondere an einer geeigneten Ladestation, erreichen zu können. Der Einfluss des Luftspalts des Versatzes und der Belastung kann bei einem schmalen vorgegebenen Frequenzband stets bei hoher, insbesondere maximaler Leistung und hohem Wirkungsgrad betrieben werden.

[0020] Deshalb wird verfahrensseitig mit der Erfindung vorgeschlagen, dass die Ladeeinrichtung mittels einer an die elektronische Spule angeschlossenen einstellbaren Kompensationsschaltung eingestellt wird, indem folgende Schritte durchgeführt werden:

- Einstellen einer mittels des magnetischen Wechselfeldes an die Ladeeinrichtung übertragenen Leistung mittels eines in Serie zur elektronischen Spule geschalteten ersten, einstellbaren Kondensators der Kompensationsschaltung und
- Einstellen eines Wirkungsgrads in Bezug auf die übertragene Leistung mittels eines parallel zur Serienschaltung aus der elektronischen Spule und dem ersten Kondensator geschalteten zweiten, einstellbaren Kondensators der Kompensationsschaltung.

[0021] Die Erfindung erlaubt es, auch bei einem großen Abstand beziehungsweise Luftspalt zwischen der Ladestation und dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug beziehungsweise Änderungen hiervon und/oder bei entsprechenden Versatztoleranzen eine entsprechende Anpassung zu bewirken. Eine Änderung der Arbeitsfrequenz kann hierdurch minimiert werden, weshalb die eingangs genannten Nachteile reduziert werden können.

[0022] Besonders vorteilhaft erweist sich die Erfindung bei Anwendung des Ladens des Akkumulators als Energiespeicher des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs an einer Stromtankstelle als Ladestation. Die Erfindung erlaubt es, auch bei ungünstiger Position des Fahrzeugs gegenüber der Stromtankstelle einen zuverlässigen Betrieb, insbesondere Ladebetrieb mit hohem Wirkungsgrad und hoher Leistung, erreichen zu können. Die Einstellbarkeit ermöglicht es, sowohl stromtankstellenseitig als auch fahrzeugseitig mit der Kompensationsschaltung eine Adaption des Gesamtsystems zu erreichen, die auch bei ungünstigen Randbedingungen einen zuverlässigen und hochwirksamen Ladebetrieb erlaubt. Dies kann mit der einstellbaren Kompensationsschaltung erreicht werden.

[0023] Der Kopplungsgrad zwischen der Ladestation und dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug kann beispielsweise mittels einer geeigneten Schaltung, insbesondere einer Steuereinheit, ermittelt werden. Zu diesem Zweck kann fahrzeugseitig vorgesehen sein, dass ein Wirkleistungsanteil in Bezug auf einen maximal möglichen Wirkleistungsanteil ermittelt wird, um den Wirkungsgrad ermitteln zu können. Darüber hinaus können natürlich auch Blindleistungen berücksichtigt werden, sofern sie für die Ermittlung des Wirkungsgrads relevant sein können.

[0024] Die Ladeeinrichtung weist wenigstens eine elektronische Spule auf. Sie kann darüber hinaus aber auch mehrere elektronische Spulen aufweisen,

die beispielsweise seriell und/oder parallel zusammengeschaltet sind. So kann vorgesehen sein, dass die Spulenschaltung eine Anordnung von mehreren räumlich benachbarten Spulen aufweist, die in Abhängigkeit des Kopplungsgrades jeweils selektiv oder auch zumindest teilweise gemeinsam aktiviert werden können. Damit ist es möglich, Variationen im Versatz des Fahrzeugs gegenüber der Ladestation weiter verbessert ausgleichen zu können.

[0025] Die Kompensationsschaltung kann wenigstens einen passiven elektronischen Energiespeicher aufweisen, der beispielsweise in Form einer Serienschaltung, einer Parallelschaltung oder auch in Kombination hiervon verschaltet ist. Der passive elektronische Energiespeicher ist vorzugsweise ein Kondensator, beispielsweise ein Folienkondensator, aber auch ein Keramikkondensator, der vorzugsweise für Wechselspannungsbetrieb ausgelegt ist. Die Kompensationsschaltung kann auch zwei oder mehrere passive elektronische Energiespeicher aufweisen, die in Parallelschaltung oder in einer Kombination hiervon verschaltet sein können. Darüber hinaus besteht natürlich die Möglichkeit, wenn mehr als ein passiver elektronischer Energiespeicher vorhanden ist, dass ein elektronisches Netzwerk gebildet ist, beispielsweise in Form eines Π -Filters oder eines T-Filters. Weitere Schaltungstopologien können vorgesehen sein. Damit ist es möglich, den Bereich des Einstellens der maximalen Leistung und des maximalen Wirkungsgrads erweitern zu können. Der Energiespeicher ist vorzugsweise einstellbar ausgebildet. Er kann hierzu aus einer Mehrzahl einzelner Teilenergiespeicher gebildet sein, die selektiv und bedarfsweise mittels beispielsweise eines Schaltelements aktivierbar sind. Hierdurch kann ein mehrteiliger passiver Energiespeicher gebildet werden. Natürlich kann ein entsprechender Teil des mehrteiligen passiven Energiespeichers auch mittels des zugeordneten Schaltelements wieder deaktiviert werden.

[0026] Das Schaltelement kann, wie oben bereits diskutiert, ausgebildet sein. Vorzugsweise ist das Schaltelement steuerbar, insbesondere mittels der Steuereinheit.

[0027] Gemäß einer Weiterbildung ist das Schaltelement durch ein Halbleiterschaltelement oder durch eine mehrere Halbleiterschaltelemente umfassende Schalteinheit gebildet. Ein Halbleiterschaltelement kann wie oben bereits diskutiert, ein Transistor, ein Thyristor oder dergleichen sein. Die Schalteinheit ist vorzugsweise durch wenigstens zwei Halbleiterschaltelemente gebildet, die in geeigneter Weise zur Erreichung der bestimmungsgemäßen Funktion verschaltet sind. Beispielsweise kann eine Parallelschaltung von Thyristoren vorgesehen sein, die hinsichtlich ihrer Durchlassrichtung entgegengesetzt parallelgeschaltet, das heißt, antiparallel geschaltet sind. Alternativ kann anstelle einer solchen Parallelschal-

tung auch ein TRIAC eingesetzt werden, der ein gesteuertes Schalten in beide Stromrichtungen im Unterschied zu einem einzigen Thyristor erlaubt.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird vorgeschlagen, dass die Kompensationsschaltung einen in Serien- oder Parallelschaltung an die elektronische Spule angeschlossenen, einstellbaren Kondensator aufweist. Hierdurch ist es möglich, mit einem kostengünstig herstellbaren Bauelement Einfluss auf die übertragene Leistung und/oder den Wirkungsgrad zu nehmen.

[0029] Besonders vorteilhaft erweist es sich, wenn die Kompensationsschaltung einen an die elektronische Spule angeschlossenen, einstellbaren ersten Kondensator zur Bildung einer Serienschaltung und einen an die aus der elektronischen Spule und dem ersten Kondensator gebildeten Serienschaltung hierzu in Parallelschaltung angeschlossenen, einstellbaren zweiten Kondensator aufweist. Dadurch ist es möglich, zugleich sowohl Einfluss auf die übertragene Leistung als auch auf den Wirkungsgrad der Leistungsübertragung zu nehmen. So können beispielsweise beide Größen gleichermaßen in gewünschter Weise optimiert werden, so dass ein optimaler Betrieb des Ladens mittels der Ladeeinrichtung erreicht werden kann.

[0030] Gemäß einem weiteren Aspekt weist das Fahrzeug eine Steuereinrichtung zum Einstellen der Kompensationsschaltung in Abhängigkeit einer mittels des magnetischen Wechselfeldes übertragenen Leistung und/oder eines Wirkungsgrads der Energieübertragung auf. Die Steuereinrichtung kann demzufolge dazu dienen, durch Einwirken auf die einstellbare Kompensationsschaltung einen möglichst optimalen, vorzugsweise vorgegebenen bestimmungsgemäßen Betrieb erreichen zu können. Die Steuereinrichtung kann beispielsweise Bestandteil der Ladeeinrichtung sein. Sie kann durch eine Hardware-schaltung, eine analoge oder eine digitale Rechereinheit, insbesondere basierend auf wenigstens einem Operationsverstärker, Kombinationen hiervon oder dergleichen gebildet sein.

[0031] Um eine Optimierung des bestimmungsgemäßen Betriebs erreichen zu können, kann darüber hinaus verfahrensseitig vorgesehen sein, dass die beiden Schritte des Einstellens wechselweise wiederholt werden. Auf diese Weise kann iterativ eine möglichst hohe Leistungsübertragung bei einem möglichst hohen Wirkungsgrad erreicht werden. Dabei nutzt die Erfindung die Eigenschaft aus, dass der erste Kondensator vorzugsweise auf die übertragbare Leistung wirkt, wohingegen der zweite Kondensator vorzugsweise den Wirkungsgrad beeinflusst.

[0032] Gemäß einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass das Wiederholen der Schritte des Einstel-

lens so lange wiederholt wird, dass ein maximaler Wert für den Wirkungsgrad oder ein vorgegebener Vergleichswert für die übertragene Leistung erreicht wird. Hierdurch ist es möglich, dass der Einstellvorgang nach Erreichen einer der vorgegebenen vorgeannten Bedingungen beendet wird. Der maximale Wert für den Wirkungsgrad kann dadurch gegeben sein, dass auch bei weiteren Einstellungen keine weitere Erhöhung des Wirkungsgrads mehr erreicht werden kann. Der maximal mögliche Wirkungsgrad ist demnach in diesem Betriebszustand erreicht. Alternativ kann auch ein vorgegebener Vergleichswert für die übertragene Leistung herangezogen werden, um den Vorgang des wiederholten Einstellens zu beenden. Der vorgegebene Vergleichswert kann beispielsweise davon abhängig sein, wie viel Zeit zum gewünschten Aufladen des elektrischen Energiespeichers des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs zur Verfügung steht. Darüber hinaus kann der Vergleichswert natürlich auch von weiteren Parametern abhängig sein, beispielsweise der maximal möglichen Leistung der Ladeeinrichtung, des elektrischen Energiespeichers des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs und/oder dergleichen.

[0033] Natürlich kann auch eine Kombination vorgesehen sein, bei der beispielsweise das Erreichen des maximalen Wertes für den Wirkungsgrad vorrangig zum Beenden des Wiederholens der Schritte des Einstellens gegenüber dem Erreichen des vorgegebenen Vergleichswerts für die übertragene Leistung führt. Diese Ausgestaltung berücksichtigt die Konstellation, bei der der vorgegebene Vergleichswert für die übertragene Leistung nicht erreicht werden kann. In diesem Fall würde das Wiederholen der Schritte des Einstellens permanent wiederholt während des Ladevorgangs. Um diese zu vermeiden, kann als Kriterium für das Beenden das Erreichen eines maximalen Werts für den Wirkungsgrad genutzt werden.

[0034] Entsprechend umfasst die Erfindung auch ein gattungsgemäßes Rechnerprogrammprodukt, wobei das Produkt Programmcodeabschnitte eines Programms zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens aufweist, wenn das Programm durch die Rechereinheit der Steuereinrichtung ausgeführt wird. Das vorgenannte Rechnerprogrammprodukt kann als rechnerlesbares Speichermedium ausgebildet sein. Darüber hinaus kann das Programm direkt in einen internen Speicher der Rechereinheit ladbar sein. So ist es beispielsweise möglich, das Programm aus einem Netzwerk von einer Datenquelle, beispielsweise einem Server, herunterzuladen und in einem internen Speicher der Rechereinheit zu laden, so dass der Rechner das Programm ausführen kann.

[0035] Vorzugsweise umfasst das Rechnerprogramm ein rechnerlesbares Medium, auf welchem die Programmcodeabschnitte gespeichert sind. Ein

solches rechnerlesbares Medium kann beispielsweise ein Speicherbaustein, eine Compact Disc, ein USB-Stick oder dergleichen sein.

[0036] Weitere Vorteile und Merkmale sind der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der FIG zu entnehmen. In den FIG sind gleiche Bauteile und Funktionen mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0037] Es zeigen:

[0038] Fig. 1 schematisch ein Prinzipschaltbild einer drahtlosen induktiven Energieübertragungsstrecke mit einer Ladestation sowie einem elektrisch antreibbaren Fahrzeug,

[0039] Fig. 2 in schematischer Darstellung ein Flussdiagramm für eine Rechneinheit einer Steuereinrichtung des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs zum Einstellen der Kompensationsschaltung,

[0040] Fig. 3 in schematischer Darstellung ein dreidimensionales Diagramm, welches mittels eines Graphen in einer Ebene die Abhängigkeit der übertragenen Leistung von einem ersten und einem zweiten Kondensator einer Kompensationsschaltung darstellt, und

[0041] Fig. 4 ein dreidimensionales Diagramm mit einer schematischen grafischen Darstellung einer Abhängigkeit eines Wirkungsgrades der Leistungsübertragung in Abhängigkeit des ersten und des zweiten Kondensators der Kompensationsschaltung gemäß Fig. 1.

[0042] Fig. 1 zeigt in einem Prinzipschaltbild eine Stromtankstelle 10 als Ladestation im Ladebetrieb mit einem elektrisch antreibbaren Fahrzeug 30. Eine gestrichelte senkrechte Mittellinie in Fig. 1 stellt eine Trennung der stromtankstellenseitigen und der fahrzeugseitigen Elemente dar.

[0043] Das in Fig. 1 dargestellte Prinzipschaltbild stellt lediglich die für das Grundprinzip wirksamen Elemente eines aus der Stromtankstelle 10 und einem daran angeschlossenen elektrisch antreibbaren Fahrzeug 30 dar. In der linken Figurenhälfte sind demzufolge die Elemente dargestellt, die der Stromtankstelle 10 zuzurechnen sind, wohingegen die rechte Hälfte die fahrzeugseitigen Elemente zeigt.

[0044] Die Stromtankstelle 10 der linken Seite der Fig. 1 umfasst eine Energiequelle 12, die an ein Kompensationsnetzwerk 26 angeschlossen ist. Die Energiequelle braucht nicht notwendigerweise Bestandteil der Stromtankstelle 10 zu sein, sondern kann auch eine externe Einrichtung sein, die an einen hierfür vorgesehenen Anschluss der Stromtankstelle 10 angeschlossen ist. Das Kompensationsnetzwerk 26

ist an eine Spulenschaltung 28 angeschlossen. Die Energiequelle 12 liefert elektrische Energie mit einer Wechselspannung, die über das Kompensationsnetzwerk 26 der Spulenschaltung 28 zugeführt wird. Die Spulenschaltung 28 besteht aus einer Reihenschaltung aus einem Widerstand 18, in Fig. 1 als R1 bezeichnet, und einer Spule 20, die in Fig. 1 als L1 bezeichnet ist. Mit dem Widerstand 18 werden stromtankstellenseitige Verluste zusammengefasst dargestellt. Die Spule 20 erzeugt aufgrund der anliegenden Wechselspannung und des sich daraus ergebenden Stromflusses ein magnetisches Wechselfeld 22, welches der drahtlosen energietechnischen Kopplung, das heißt, dem induktiven Übertragen von Energie, dient.

[0045] Die Kompensationsschaltung 26 weist einen Kondensator 16 auf, der in Fig. 1 mit C1 bezeichnet ist, und der in Serie zur Spulenschaltung 28 geschaltet ist. Parallel zu der vorgenannten Serienschaltung ist ein zweiter Kondensator 14 angeschlossen, der in Fig. 1 mit Cp1 bezeichnet ist. Das Kompensationsnetzwerk 26 dient der Anpassung der Energiequelle 12 an die Spulenschaltung 28, so dass eine möglichst günstige Erzeugung des Magnetfelds 22 erreicht werden kann.

[0046] Fahrzeugseitig ist eine Ladeeinrichtung 46 vorgesehen, die an einem elektrischen Verbraucher 40, der in Fig. 1 mit RL bezeichnet ist, angeschlossen ist. Der elektrische Verbraucher 40 fasst die von der Ladeeinrichtung 46 mit elektrischer Energie versorgten Verbraucher zusammen, beispielsweise einen Akkumulator als elektrischem Energiespeicher und eine elektrische Maschine einer nicht dargestellten Antriebsvorrichtung des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs 30.

[0047] Die Ladeeinrichtung 46 weist eine Spulenschaltung 44 auf, die eine Serienschaltung aus einer Spule 32 und einem elektrischen Widerstand 34, der in Fig. 1 als R2 bezeichnet ist, aufweist. Der elektrische Widerstand 32 steht stellvertretend für Verluste. Die Spule 32 ist vom Magnetfeld 22 durchflutet und erzeugt entsprechend eine Wechselspannung, die über ein an die Spulenschaltung 44 angeschlossenes Kompensationsnetzwerk 42 dem Verbraucher 40 bereitgestellt wird. Nicht dargestellt ist, dass eine entsprechende Anpassung der durch die Spule 32 erzeugten Wechselspannung vorgenommen wird, so dass sie für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Verbraucher geeignet ist. Beispielsweise kann diesbezüglich eine Gleichrichtung vorgesehen sein.

[0048] Das Kompensationsnetzwerk 42 weist einen ersten Kondensator 36 auf, der in Fig. 1 mit C2 bezeichnet ist. Der erste Kondensator 36 ist einstellbar hinsichtlich seiner Kapazität und in Serie zur Spulenschaltung 44 geschaltet. Die Kompensationsschaltung 42 weist ferner einen zweiten Kondensator 38

auf, der in **Fig. 1** ferner mit C_{p2} bezeichnet ist. Der zweite Kondensator **38** ist parallel zu der vorgenannten Serienschaltung geschaltet. Der zweite Kondensator **38** ist ebenfalls einstellbar ausgebildet.

[0049] Der erste und der zweite Kondensator **36**, **38** sind mehrteilig aufgebaut, wobei deren einzelne Kondensatorteile mittels nicht dargestellter Schaltelemente aktiviert beziehungsweise deaktiviert werden können. Auf diese Weise ist die Kapazität der ersten und zweiten Kondensatoren **36**, **38** einstellbar. Die Ladeeinrichtung **46** dient demzufolge zum drahtlosen Übertragen von Energie mittels des magnetischen Wechselfeldes **22**. Entsprechend ist die Kompensationsschaltung **42** einstellbar.

[0050] Das Verfahren zum Betreiben der Ladeeinrichtung **46** des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs **30** nutzt die mittels des magnetischen Wechselfeldes **22** bereitgestellte Energie, zu welchem Zweck die durch das magnetische Wechselfeld **22** bereitgestellte Energie mittels der mit dem magnetischen Wechselfeld **22** wechselwirkenden elektronischen Spule **34** aufgenommen wird und dem elektrischen Verbraucher **40** in Form von elektrischer Energie zugeführt wird.

[0051] **Fig. 2** zeigt in schematischer Darstellung ein Flussdiagramm zur Durchführung eines Verfahrens gemäß der Erfindung. Der Verfahrensablauf beginnt mit dem Start bei **50**. Eine nicht dargestellte Steuereinrichtung der Ladeeinrichtung **42** stellt im Schritt **52** den ersten Kondensator **36** der Kompensationsschaltung **42** auf den maximal möglichen Wert ein. Zugleich wird der zweite Kondensator **38** auf seinen kleinstmöglichen Wert eingestellt. Darüber hinaus wird ein Vergleichswert für eine Leistung P_{Soll} von etwa 3,3 kW vorgegeben und ein initialer Wert für den Wirkungsgrad auf Null gesetzt.

[0052] Nach Vornahme dieser Einstellungen im Schritt **52** folgt im Schritt **54** ein Vergleich einer tatsächlich gemessenen Leistung mit dem Vergleichswert für die Leistung P_{Soll} . Erreicht die aktuell gemessene Leistung nicht den Vergleichswert P_{Soll} , wird das Verfahren im Schritt **56** weitergeführt, indem der erste Kondensator **36** um einen vorgegebenen Betrag, beispielsweise einen Teil eines mehrteiligen Kondensators, reduziert wird. Das Verfahren wird dann im Schritt **54** fortgesetzt, bis die gemessene Leistung den Vergleichswert P_{Soll} erreicht. Sobald der Vergleichswert P_{Soll} erreicht ist, wird das Verfahren im Schritt **58** fortgeführt.

[0053] Im Schritt **58** wird ein Vergleich von ermittelten Wirkungsgraden durchgeführt. Die Wirkungsgrade können beispielsweise mittels einer nicht dargestellten Recheneinheit der Steuereinrichtung ermittelt werden. Dabei beginnt das Verfahren mit einem initialen Wirkungsgrad von 0 Prozent. Im Schritt **58** wird ein neu ermittelter Wirkungsgrad mit einem vor-

hergehenden Wirkungsgrad verglichen. Ist der neue Wirkungsgrad N_{neu} kleiner als der bisherige Wirkungsgrad N_{alt} wird das Verfahren mit Schritt **60** fortgeführt und ein Kapazitätswert des zweiten Kondensators **38** wird um einen Teilbetrag erhöht. Daraufhin wird ein neuer Wirkungsgrad ermittelt und der bisherige neue Wirkungsgrad wird zum bisherigen Wirkungsgrad umdefiniert. Daraufhin erfolgt erneut der Vergleich gemäß Schritt **58**. Diese Schleife wiederholt sich, bis der neue Wirkungsgrad N_{neu} größer oder gleich dem bisherigen Wirkungsgrad N_{alt} ist. Sobald dies erreicht ist, verzweigt der Verfahrensablauf zum Schritt **62**, bei dem eine Reduktion des Wertes der Kapazität des zweiten Kondensators **38** um einen vorgegebenen Teilbetrag vorgenommen wird. Dann setzt das Verfahren mit Ermittlung der aktuellen Leistung und dem Vergleich im Schritt **54** fort.

[0054] Vorliegend ist nicht vorgesehen, dass der Verfahrensablauf beendet wird. Es können jedoch Beendigungskriterien vorgegeben werden, die ein Beenden der Verfahrensdurchführung vorsehen.

[0055] Die **Fig. 3** und **Fig. 4** zeigen Abhängigkeiten der Leistung und des Wirkungsgrads in Abhängigkeit des ersten und des zweiten Kondensators **36**, **38**.

[0056] **Fig. 3** zeigt ein dreidimensionales Diagramm in schematischer Darstellung mit einer Ebene als Graph **76**. Auf einer ersten Achse **72** ist die Kapazität des zweiten Kondensators **38** aufgetragen, und auf einer zweiten Achse **74** ist die Kapazität des ersten Kondensators **36** aufgetragen. Auf einer dritten, vertikalen Achse ist die Ausgangsleistung in W dargestellt.

[0057] Die Werte für den ersten und den zweiten Kondensator **36**, **38** auf den Achsen **72**, **74** sind lediglich beispielhaft, um die Erfindung zu erläutern.

[0058] **Fig. 4** zeigt ein vergleichbares dreidimensionales Diagramm wie **Fig. 3**, wobei die erste und die zweite Achse **72**, **74** wie in **Fig. 3** dargestellt sind, das heißt, diesen entsprechen. Lediglich die vertikale Achse **80** stellt hier einen Wert für den Wirkungsgrad N dar.

[0059] Das vorangehende Ausführungsbeispiel soll die Erfindung lediglich erläutern und diese nicht beschränken. Selbstverständlich wird der Fachmann bei Bedarf entsprechende Variationen vorsehen, ohne den Kerngedanken der Erfindung zu verlassen.

[0060] Natürlich können auch einzelne Merkmale bedarfsgerecht in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden. Darüber hinaus können natürlich Vorrichtungsmerkmale auch durch entsprechende Verfahrensschritte und umgekehrt angegeben sein.

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

- KR 1020120016521 A [0003]

Patentansprüche

1. Elektrisch antreibbares Fahrzeug (30) mit einer Antriebsvorrichtung, die eine elektrische Maschine aufweist, mit einem elektrischen Energiespeicher, der an die elektrische Maschine angeschlossen ist, und mit einer an den elektrischen Energiespeicher angeschlossenen Ladeeinrichtung (46) zum drahtlosen Übertragen von Energie mittels eines magnetischen Wechselfeldes (22), zu welchem Zweck die Ladeeinrichtung (46) eine elektronische, mit dem magnetischen Wechselfeld (22) wechselwirkende Spule (32) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektronische Spule (32) an eine einstellbare Kompensationsschaltung (42) angeschlossen ist.

2. Fahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kompensationsschaltung (42) einen in Serien- oder Parallelschaltung an die elektronische Spule (32) angeschlossenen, einstellbaren Kondensator (36, 38) aufweist.

3. Fahrzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kompensationsschaltung (42) einen an die elektronische Spule (32) angeschlossenen, einstellbaren ersten Kondensator (36) zur Bildung einer Serienschaltung und einen an die aus der elektronischen Spule (32) und dem ersten Kondensator (36) gebildeten Serienschaltung hierzu in Parallelschaltung angeschlossenen, einstellbaren zweiten Kondensator (38) aufweist.

4. Fahrzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung zum Einstellen der Kompensationsschaltung (42) in Abhängigkeit einer mittels des magnetischen Wechselfeldes (22) übertragenen Leistung und/oder eines Wirkungsgrads der Energieübertragung.

5. Verfahren zum Betreiben einer Ladeeinrichtung (46) eines elektrisch antreibbaren Fahrzeugs (30) mit einer elektrischen Maschine aufweisenden Antriebsvorrichtung und einem an die elektrische Maschine angeschlossenen elektrischen Energiespeicher, wobei die Ladeeinrichtung (46) von einem magnetischen Wechselfeld (22) bereitgestellte Energie mittels einer mit dem magnetischen Wechselfeld (22) wechselwirkenden elektronischen Spule (32) aufnimmt und dem elektrischen Energiespeicher in Form von elektrischer Energie zuführt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ladeeinrichtung (46) mittels einer an die elektronische Spule (32) angeschlossenen einstellbaren Kompensationsschaltung (42) eingestellt wird, indem folgende Schritte durchgeführt werden:
– Einstellen einer mittels des magnetischen Wechselfeldes (22) an die Ladeeinrichtung (46) übertragenen Leistung mittels eines in Serie zur elektronischen Spule (32) geschalteten ersten, einstellbaren

Kondensators (36) der Kompensationsschaltung (42) und

– Einstellen eines Wirkungsgrads in Bezug auf die übertragene Leistung mittels eines parallel zur Serienschaltung aus der elektronischen Spule (32) und dem ersten Kondensator (36) geschalteten zweiten, einstellbaren Kondensators (38) der Kompensationsschaltung (42).

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Schritte des Einstellens wechselweise wiederholt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wiederholen der Schritte des Einstellens solange wiederholt wird, bis ein maximaler Wert für den Wirkungsgrad oder ein vorgegebener Vergleichswert (P_{soil}) für die übertragene Leistung erreicht wird.

8. Rechnerprogrammprodukt umfassend ein Programm für eine Rechereinheit einer Ladeeinrichtung (46), wobei das Programm Programmcodeabschnitte eines Programms zum Ausführen der Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 5 bis 7 aufweist, wenn das Programm durch die Rechereinheit ausgeführt wird.

9. Rechnerprogrammprodukt nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rechnerprogrammprodukt ein rechnerlesbares Medium umfasst, auf welchem die Programmcodeabschnitte gespeichert sind.

10. Rechnerprogrammprodukt nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Programm direkt in einen internen Speicher der Rechereinheit ladbar ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

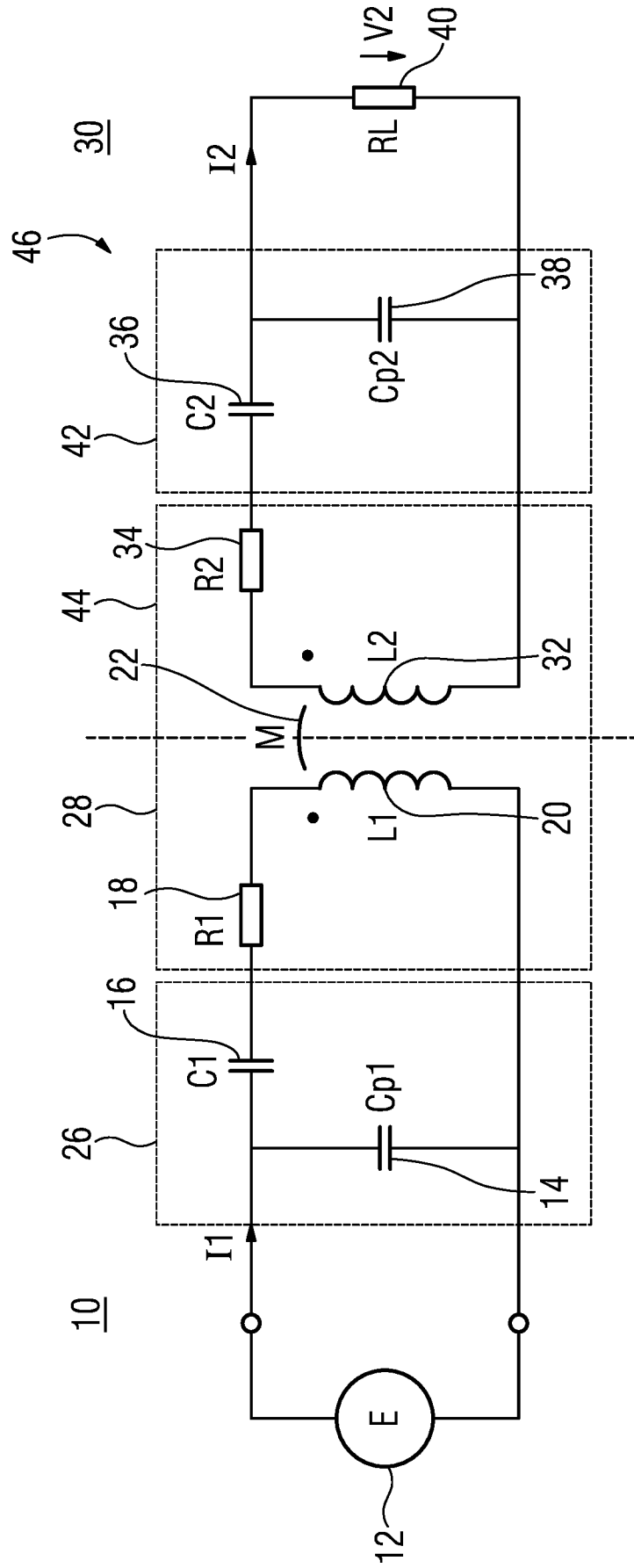


FIG 2

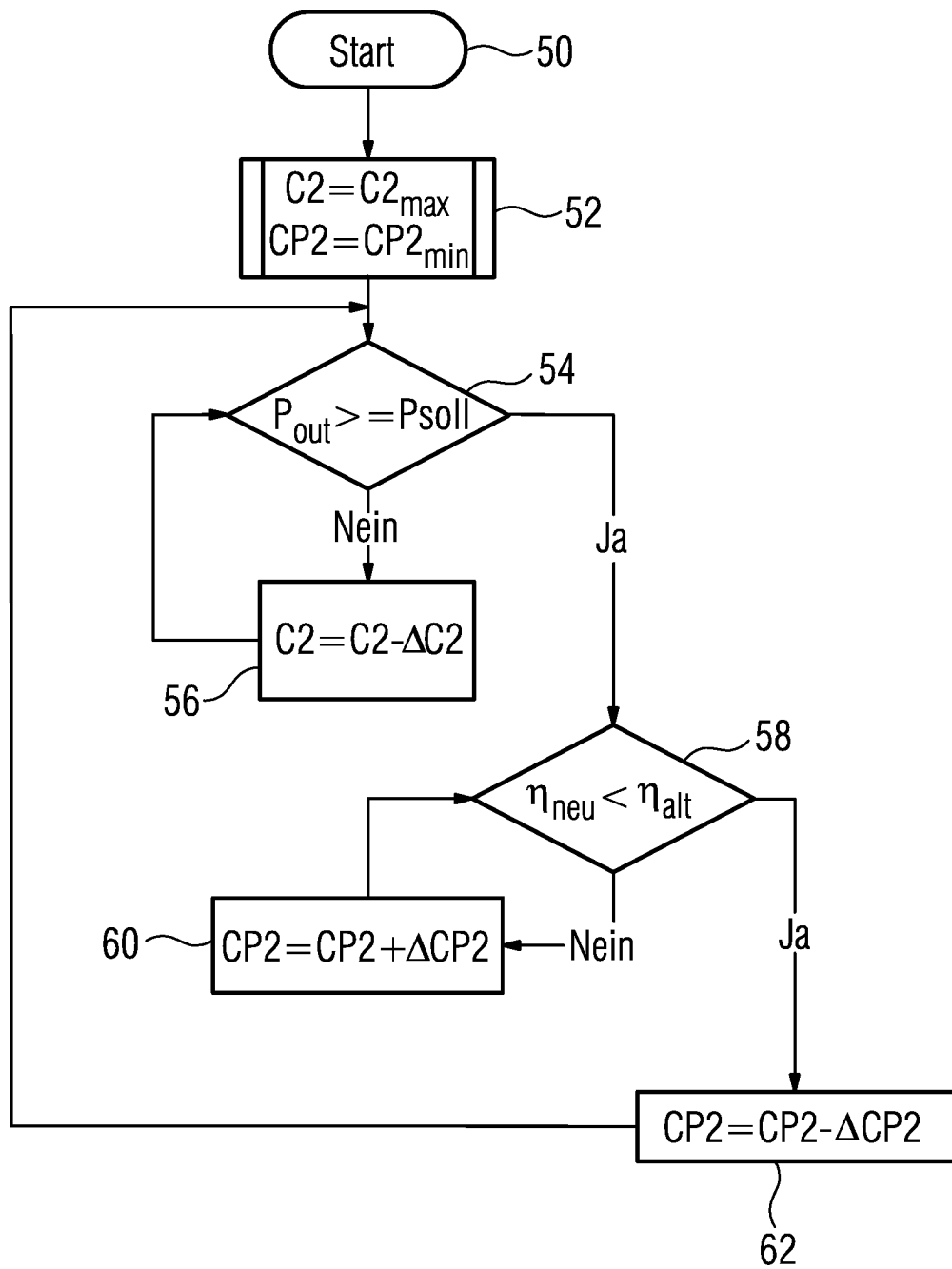


FIG 3

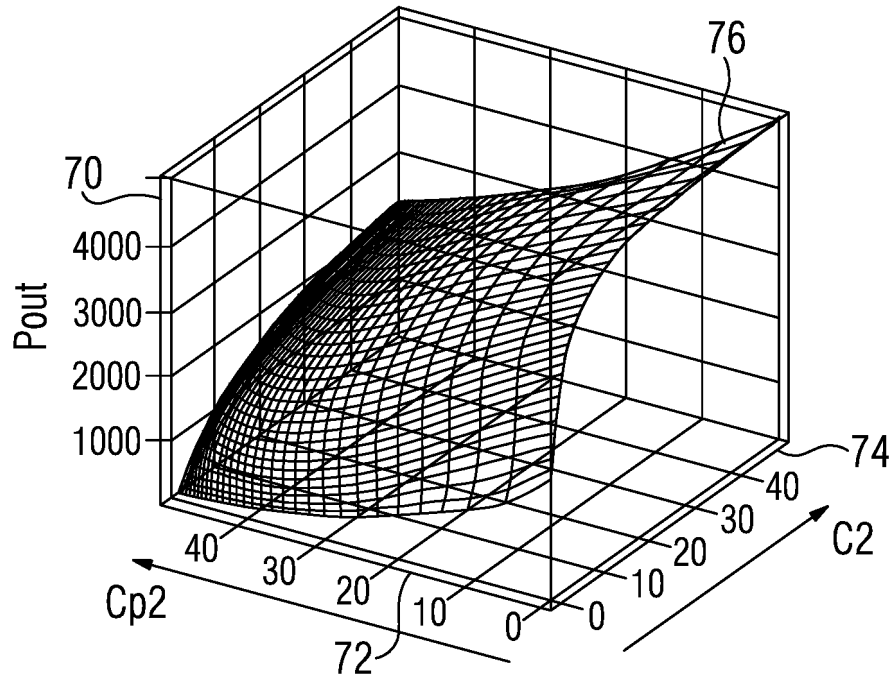


FIG 4

