

Verfahren zur kabellosen Übertragung einer Leistung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kabellosen Übertragung einer Leistung zwischen einem Sender und einem Empfänger aufweisend eine Leistungsphase und eine Messphase, wobei der Empfänger während der Messphase eine empfangene Leistung misst und eine Information über die gemessene Leistung an den Sender übermittelt, wobei der Sender die von ihm ausgesendete Leistung mit der von dem Empfänger gemessenen Leistung vergleicht und daraus eine Verlustleistung ermittelt, wobei die Leistungsphase unterbleibt, wenn die Verlustleistung einen maximal zulässigen Grenzwert überschreitet.

Verfahren zur kabellosen Übertragung einer Leistung sind im Stand der Technik bekannt. Diese Verfahren dienen dazu, elektronische Geräte wie beispielsweise schnurlose Telefone zu laden. Dafür wird der zu ladende Gegenstand beispielsweise auf einer Ladeplatte abgelegt, wobei der Sender (Ladeplatte) und der Empfänger (zu ladendes Gerät) permanent Daten austauschen, um eine optimale Leistungsübertragung zu gewährleisten. Dabei fordert der Empfänger in gleichmäßigen Zeitabständen Leistungsänderungen von dem Sender an. Um eine Interoperabilität zwischen Ladegeräten und Empfängern unterschiedlicher Hersteller zu gewährleisten, wurde im Stand der Technik ein sogenannter „Wireless Power Standard“ (WPC) geschaffen, wobei bestimmte technische Daten wie beispielsweise die übertragene Leistung vereinheitlicht wurden. Einen solchen Standard gibt der sogenannte „Low Power Standard“ (LP) an. Bei diesem werden 5 W kabellos zwischen Sender und Empfänger übertragen.

Um gleichzeitig die Übertragung zwischen Sender und Empfänger nur dann durchzuführen, wenn tatsächlich auch ein „gültiger“ Empfänger im Ladebereich des Senders vorhanden ist, ist im Stand der Technik eine sogenannte Fremdoobjektdetektion vorgesehen, mittels welcher geprüft wird, ob der Sender tatsächlich mit einem „gültigen“ Empfänger verbunden ist und sich nicht zusätzlich zum gültigen Empfänger ein fremdes Metallobject im Übertragungsbereich befindet, wie beispielsweise eine Münze, welche ausversehen in den Ladebereich des Senders gelangt ist. Metallische Fremdoobjekte absorbieren die elektromagnetische Strahlung welche vom Sender zum Empfänger gesendet wird. Diese Fremdoobjektdetektion verhindert somit, dass sich ein Fremdoobject durch absorbierte Leistung stark erwärmt.

Die Fremdoobjektdetektion funktioniert so, dass der Empfänger misst wie viel Leistung er von dem Sender empfängt und diesen gemessenen Wert als Information an den Sender übermittelt. Der Sender wiederum vergleicht die an ihn übermittelte Information mit der von ihm ausgesendeten Leistung. Sofern die Verlustleistung (gesendete Leistung minus empfangene Leistung) größer als ein vorgegebener Wert ist, wird angenommen, dass ein Fremdoobject im Übertragungsfeld des Senders liegt und mehr Leistung als erlaubt empfängt. In diesem Fall wird die Leistungsübertragung unterbrochen. Der für die Verlustleistung vorgegebene Grenzwert hängt von der Messgenauigkeit der verwendeten Messeinrichtung und von dem jeweiligen Standard ab, mit welchem Leistung von dem Sender an den Empfänger übertragen wird. Im Low-Power-Standard erfolgt eine Leistungsübertragung von 5 W. Bei einer regelmäßigen Messgenauigkeit von ca. 5% kann die Verlustleistung somit bis auf 250 mW genau gemessen werden. Diese Verlustleistung von 250 mW führt bei einem Fremdoobject zu dessen Erhitzung, beispielsweise auf 80°C. Eine solche Erhitzung wäre unter Sicherheitsgesichtspunkten noch akzeptabel.

Sofern nunmehr jedoch eine größere Leistung zwischen dem Sender und dem Empfänger übertragen werden soll, entstehen bei einer Messgenauigkeit von 5% wesentlich höhere Temperaturen in Bezug auf ein etwaiges Fremdoobject. Bei Übertragung einer Leistung im sogenannten Medium Power Standard, welcher die Übertragung von 15 W vorsieht, kann die Verlustleistung bis auf 750 mW genau gemessen werden, was jedoch zu einer übermäßigen Erhitzung eines Fremdoobjectes führen würde.

Ausgehend von dem vorbeschriebenen Problem ist es **Aufgabe** der Erfindung, ein Verfahren zur kabellosen Übertragung einer Leistung zwischen einem Sender und einem

Empfänger zu schaffen, welches eine messgenaue Fremdoberdetektion, insbesondere unabhängig von der Verwendung eines bestimmten Power Standards, ermöglicht und somit eine übermäßige, gefährliche Erhitzung von Fremdoberdetekten zuverlässig verhindert.

Zur **Lösung** der vorgenannten Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren zur kabellosen Übertragung einer Leistung zwischen einem Sender und einem Empfänger aufweisend eine Leistungsphase und eine Messphase vor, wobei der Sender während der Messphase eine Leistung aussendet, welche geringer ist als die während der Leistungsphase ausgesendete Leistung.

Erfindungsgemäß erfolgt die Fremdoberdetektion damit auf einem zu der Leistungsphase niedrigeren Leistungsniveau, welches so ausgelegt ist, dass die Verlustleistung nicht zu einer übermäßigen Erhitzung eines etwaigen Fremdoberdetektes führt. Zur Durchführung der Messphase wird somit die von dem Sender ausgesendete Leistung auf einen Betrag reduziert, welcher auch bei Anwesenheit eines metallischen Fremdoberdetektes Sicherheit gewährleistet.

Die Erfindung umfasst darüber hinaus weitere Merkmale, welche jeweils einzeln oder in Kombination mit dem zuvor beschriebenen Gegenstand verwendet werden können.

Gemäß einem Merkmal der Erfindung wird während der Messphase eine Kalibrierung der Messeinrichtung durchgeführt.

Die Kalibration wird benutzt, um Messungenauigkeiten beim Messen der Leistung zu verringern. Im erfindungsgemäßen Anwendungsfall der kabellosen Leistungsübertragung von einem Sender, beispielsweise einer Ladestation, zu einem Empfänger, beispielsweise einem mobilen Endgerät, kann eine Kalibration insbesondere die nachfolgend genannten Aspekte kompensieren. Hierbei handelt es sich erstens um Herstellungstoleranzen des Senders und/oder Empfängers, insbesondere des Sender- und/oder Empfänger-IC sowie zugehöriger diskreter Bauelemente (Transistoren, Dioden, passive Bauelemente, Sender- und Empfängerspulen inklusive derer Ferrite), die zum Betrieb des Senders und/oder Empfängers notwendig sind. Zweitens handelt es sich um mechanische Herstellungstoleranzen des Senders und/oder Empfängers (z.B. Ladestation, Mobiltelefon), z.B. Platzierung der Komponenten die sich in der unmittelbaren Nähe der Sender- und Empfängerspule befinden. Diese umgebenden Komponenten können das

elektromagnetische Feld und dadurch die Verlustleistung der Übertragung beeinflussen, wodurch wiederum die Messgenauigkeit beeinträchtigt wird. Es kann nämlich vorgesehen sein, dass der Empfänger an den Sender die gesamte Leistung, die vom mobilen Gerät empfangen wird, berichten muss. Dies kann dann auch z.B. die Verlustleistung in den umgebenden Komponenten umfassen. Toleranzen in der Platzierung der umgebenden Komponenten wirken sich dadurch auch auf die Genauigkeit der Messergebnisse aus. Zum dritten können diese Aspekte Herstellungstoleranzen der Leistung aufnehmenden Last des Empfängers, beispielsweise physikalische oder chemische Herstellungstoleranzen einer aufladbaren Batterie umfassen. Die aufladbare Batterie befindet sich in kabellos ladbaren Geräten oft in unmittelbarer Nähe der Empfängerspule und hat dadurch einen großen Einfluss auf die Verlustleistung des Systems, falls nicht die gesamte Batterie durch ein Ferrit oder eine metallische Abschirmung geschützt ist. Das Schirmen der gesamten aufladbaren Batterie ist oftmals aber aus mechanischen oder Kostengründen nicht plausibel, weshalb der Einfluss der Batterie auf das kabellose Leistungsübertragungssystem oft sehr stark ist. Aufladbare Batterien (Akkus) unterliegen sehr starken Herstellungstoleranzen und zeigen zudem auch einen starken Alterungseffekt. Weiterhin werden oft auch Akkus von verschiedenen Herstellern eingesetzt, welche recht unterschiedliche Einflüsse auf das elektromagnetische Feld haben können. Diesen Einfluss kann man prinzipbedingt bei der Herstellung des kabellos ladbaren Gerätes nicht mit in Betracht ziehen. Viertens kann es sich um Ungenauigkeiten bei der Einstellung der Fremdojekterkennung während der Geräteentwicklung handeln. Fünftens kommen Ungenauigkeiten bei der Berechnung der empfangenen Leistung im Empfänger- oder Sender-IC in Betracht. IC-interne Berechnungen können aufgrund verschiedener Faktoren weitere Ungenauigkeiten in die Leistungsberechnung einbringen. Manche Empfänger-ICs bieten zum Beispiel nur eine begrenzte, diskrete Anzahl von Leistungskorrekturwerten an. Der optimale Leistungskorrekturwert kann somit einige Prozent vom in der Praxis wählbaren, vorprogrammierten Leistungskorrekturwert entfernt liegen, was zusätzlich zu den zuvor genannten Toleranzen die Messgenauigkeit deutlich verschlechtern kann.

Derartige Fehlerquellen können zwei Auswirkungen haben. Berichtet der Empfänger aufgrund der oben genannten Ungenauigkeiten beispielsweise eine empfangene Leistung, welche höher ist als die tatsächlich empfangene Leistung, dann kann ein zusätzlich vorhandenes Fremdobjekt mehr Leistung aufnehmen als zulässig, ohne dass der Sender diesen Zustand erkennen kann. Berichtet der Empfänger jedoch beispielsweise aufgrund

der oben genannten Ungenauigkeiten eine empfangene Leistung, die geringer ist als die tatsächlich empfangene Leistung, dann stoppt der Sender die Leistungsübertragung möglicherweise auch dann, wenn im System kein Fremdobjekt vorhanden ist.

Das Ziel der im Rahmen der Erfindung vorgeschlagenen Kalibrierung ist es, die genannten Ungenauigkeiten zu erkennen und zu kompensieren. Dazu misst der Empfänger in einem fest definierten Zustand (während der Messphase) die empfangene Leistung.

Dieser Zustand zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass er durch feste Definition einer oder mehrerer Messgrößen fehlerbehaftete bzw. toleranzbehaftete Größen in der Messstrecke ausschließt. So kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Eingangsleistung für den Empfänger auf einem vorbestimmten Wert konstant gehalten wird und nicht beispielsweise in Abhängigkeit anderer Messparameter variiert wird. Dadurch können Fehlerquellen ausgeschlossen werden, wodurch sich die Messung der tatsächlichen Parameter der Messstrecke verbessern lässt.

So kann der Empfänger in der Messphase, insbesondere während der Kalibrierung, eine vordefinierte Messlast benutzen, welche sich von der realen Last während eines Normalbetriebs unterscheidet. Die empfangene Messleistung wird dann insbesondere ausschließlich in die Messlast gespeist. Die Größe dieser Messlast sollte sehr genau bekannt sein, um nicht weitere Messungenauigkeiten einzuführen. Da die reale (externe) Last (z.B. ein zu ladender Akku) die Messung beeinflussen würde, kann während der Messphase der Leistungsausgang des Empfänger-IC ausgeschaltet werden. Dies hat den Vorteil, dass alle vom kabellosen Leistungssender empfangene Energie in die Messlast fließt.

In der Messphase, insbesondere während der Kalibrierung, sendet der Sender eine vordefinierte Leistung an den Empfänger. Der Betrag dieser Leistung kann im Empfänger gespeichert sein. Anhand der empfangenen Leistung, welche der Empfänger anhand der Messlast sehr genau messen kann, kann der Empfänger feststellen, wie viel Verlustleistung in der späteren Leistungsübertragungsphase zu berücksichtigen ist.

Die Verlustleistung bei höherer Leistungsübertragung in der Leistungsphase verhält sich in Relation zur gemessenen Leistung der Messphase nahezu linear. In manchen Fällen ist jedoch ein nichtlineares Verhalten z.B. durch Sättigung des Ferrits bei hohen

Sendeleistungen mit in Betracht zu ziehen. Dies kann prinzipbedingt bei geringer Leistungsübertragung nicht gemessen werden. Um den entsprechenden Gradienten und die Verschiebung (Offset) der Verlustleistung zu bestimmen, kann es von Vorteil sein, die Kalibration bei unterschiedlichen Leistungen durchzuführen, d.h. Verlustleistungsmessungen mit mehreren voneinander verschiedenen Messleistungen durchzuführen. Der Gradient der Verlustleistung wird durch normale Absorption von elektromagnetischer Strahlung verursacht. Der Offset kann durch Verluste z.B. im Empfänger-IC hervorgerufen werden, welche nicht von der Stärke der übertragenen Leistung abhängen.

Gemäß einem vorteilhaften Merkmal der Erfindung kann eine Messlast (z.B. ein Widerstand) direkt in den Empfänger, insbesondere in ein Empfänger-IC, integriert sein. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn die übertragene Leistung während der Messphase begrenzt wird. Eine solche integrierte Messlast kann während der Empfänger-, insbesondere IC-Herstellung auf einen sehr genauen Wert eingestellt werden. Dadurch ist eine entsprechend genaue Messung der empfangenen Leistung (und damit auch der Verlustleistung) möglich. Das Messen der Verlustleistung mit integrierten Messlasten während der Übertragung von hohen Leistungen ist wegen der thermischen Belastung des ICs schwierig. Die gesamte übertragene Leistung abzüglich der Verlustleistungen müsste durch die Messlast abgeführt werden. Eine Messlast außerhalb des ICs, welche höhere Verlustleistungen akzeptieren könnte, wäre möglich, ist aber nicht zu bevorzugen. Die Messlast unterläge dann nämlich wiederum Unabwägbarkeiten, welche das System sehr stark beeinträchtigen könnten, z.B. die oben genannten Herstellungstoleranzen als auch Ungenauigkeiten bei der Implementierung der Schaltung. Weiterhin benötigt eine solche Messlast für höhere Lasten erheblich Platz, was in den gegebenen Anwendungen oftmals nicht von Vorteil ist. Außerdem erzeugt das Messen bei hoher Messlast im Endgerät eine sehr hohe thermische Belastung, wenn auch nur kurzzeitig während der (sich wiederholenden) Messphase. Insgesamt können also mit der in den Empfänger integrierten Messlast diese Nachteile überwunden werden, weshalb diese Ausführungsform besonders vorteilhaft ist.

Bis dato ist es ohne die beschriebene Kalibrierung mit in der Massenproduktion üblichem Aufwand nur möglich, Geräte herzustellen, welche Messgenauigkeiten im Empfänger im Bereich von 5% aufzeigen. Bei 5W übertragener Leistung ist somit eine Messungenauigkeit von $\pm 250\text{mW}$ erreichbar, was die Erwärmung eines typischen

Fremdobjektes innerhalb vertretbarer Grenzen hält. Wird die Leistungsübertragung auf 15W erhöht, erhöht sich die mögliche Verlustleistung in einem Fremdobjekt entsprechend auf Temperaturen, die nicht mehr als sicher angesehen werden können. Bei 5% Messtoleranz ergibt sich nämlich eine nicht sicher bestimmbare Verlustleistung im Fremdobjekt von 750mW.

Es hat sich herausgestellt, dass mit der zuvor erläuterten Kalibrierung die Messgenauigkeit auf z.B. 2% verbessert werden kann, ohne hierbei merklich Mehraufwand und Mehrkosten für die Systemkomponenten zu erzeugen. Bei 15W und 2% Messgenauigkeit entspricht dies einer möglichen Verlustleistung im Fremdobjekt von maximal 300mW, was derzeit auch noch als sicher angesehen werden kann. Insofern kann bei Anwendung der zuvor beschriebenen Kalibration die Messgenauigkeit bei weitestgehender Verwendung von Standard-Bauteilen erheblich gesteigert werden, und zwar sogar soweit, dass bei Übertragung einer vergleichsweise hohen Leistung von 15 W noch eine zuverlässige Fremdobjektdetektion durchführbar ist.

Gemäß eines alternativen oder ergänzenden Merkmals der Erfindung kann eine schrittweise Änderung der Leistung zwischen der Messphase, insbesondere Kalibrierung, und der Leistungsphase erfolgen. Diese Art der Änderung der Leistung kann empfänger- und/oder senderseitig initiiert werden. Die schrittweise Änderung kann in einer definierten Zeitspanne erfolgen, d.h. es kann eine maximale Zeitdauer vorgesehen sein, in welcher die Änderung auf den gewünschten Leistungswert erfolgt sein muss. Es kann mit anderen Worten eine Art Änderungscharakteristik vorgegeben werden. Durch Detektion einer vorbekannten Änderungscharakteristik kann der Sender und/oder Empfänger sich darauf einstellen, dass ein Übergang zwischen der Messphase und der Leistungsphase erfolgt.

Erkennt beispielsweise ein Empfänger eine sich reduzierende übertragene Leistung trotz seiner Anforderungen an den Sender, die Leistung konstant zu halten oder zu erhöhen, und reduziert sich die Leistung in einem zuvor definierten Zeitintervall um einen zuvor definierten Betrag, so muss der Empfänger davon ausgehen, dass der Sender eine Messphase einleiten möchte. Der Empfänger kann sich dementsprechend auf die Messphase vorbereiten, da ihm nicht plötzlich die zur Verfügung stehende Leistung entzogen wird. Oftmals bezieht der Empfänger seine zum Betrieb notwendige Leistung nur aus der kabellos übertragenen Leistung. Bei plötzlichem Verlust dieser kabellos übertragenen Leistung kann der Empfänger z.B. das Gerät, welches durch ihn mit

Leistung versorgt wird, nicht vor dem Leistungsverlust warnen.

Die Leistungsreduzierung sollte in einem vordefinierten Zeitintervall geschehen und auch einen vordefinierten Wert einhalten, da sonst der Empfänger andere Leistungsreduzierungen als Messphasen-initiierung missverstehen könnte. Solche Leistungsreduzierungen können z.B. durch Stromverlust des Senders oder durch das Entfernen des Empfängergerätes von der Ladestation hervorgerufen werden.

Es kann als Änderungscharakteristik beispielsweise auch ein Wert „Leistungsänderung pro Sekunde“ vorgegeben werden, bei dessen Detektion eine Messphase bzw. Leistungsphase einzuleiten ist.

Gemäß einem ergänzenden oder alternativen Merkmal der Erfindung kann vorgesehen sein, dass sich Messphasen und Leistungsphasen zeitlich aufeinanderfolgend abwechseln. Dabei wird die Messphase in einem gewissen Zeitrhythmus zwischen aufeinanderfolgenden Leistungsphasen wiederholt, um auf diese Weise in regelmäßigen Abständen eine hohe Sicherheit gewährleisten zu können.

Alternativ kann jedoch ebenfalls vorgesehen sein, dass vor einer Leistungsphase zeitlich aufeinanderfolgend einmalig eine Messphase ausgeführt wird. Dabei dient die Messphase als Initialvorgang vor einer langen, kontinuierlichen Leistungsphase. Diese Ausführungsvariante fußt auf der Annahme, dass es bei bestimmten baulichen Gegebenheiten vom Sender und Empfänger relativ unwahrscheinlich ist, dass sich während des Ladevorgangs ein Fremdobjekt zwischen den Sender und den Empfänger schiebt und somit erhitzt werden kann. Angewandt auf die Übertragung einer Leistung von 15 W (Medium Power Standard) kann die Verlustleistung beispielsweise innerhalb einer 5 W-Messphase (Low Power Standard) gemessen werden und die errechnete Verlustleistung abgespeichert werden, so dass diese als Kalibrierung dient, um die Messgenauigkeit auch bei 15 W zu gewährleisten. Eine solche Umschaltung von einer Leistungsphase mit 15 W in eine Messphase mit 5 W und umgekehrt ist möglich, weil beide Standards zueinander kompatibel sind und insbesondere eine gleiche Übertragungsfrequenz aufweisen. Sofern während der Messphase kein Fremdobjekt detektiert wird, d. h. die ermittelte Verlustleistung unter dem maximal zulässigen Grenzwert liegt, wird die Leistungsphase geschaltet.

Es ist insbesondere vorgesehen, dass der Sender während einer Leistungsphase eine Leistung von mehr als 5 W, insbesondere von 15 W, aussendet. Bei einer solchen Konfiguration lässt sich besonders vorteilhaft von der Erfindung profitieren. Leistungsphasen mit einer Leistung von mehr als 5 W, und insbesondere von 15 W, sind nicht geeignet, um eine gefahrlose Messung der Verlustleistung durchzuführen. Sofern man mit der Leistung der Leistungsphase (z. B. 15 W) messen würde, ergäbe sich bei einer Messgenauigkeit von 5% eine Verlustleistung von mehr als 250 mW und damit Fremdobjekt-Temperaturen von beispielsweise mehr als 80°C. Dies kann zu gefährlichen Verbrennungen oder auch Bränden führen. Insofern ist die Erfindung überall dort vorteilhaft, wo während der Leistungsphase mehr als 5 W übertragen werden.

Insbesondere empfiehlt es sich, dass der Sender während einer Messphase eine Leistung von höchstens 5 W aussendet. Dabei kann auch eine Leistung, welche deutlich kleiner als 5 W ist, ausgesendet werden. Dadurch beträgt die während der Messphase übertragene Leistung vorteilhaft weniger als die während der Leistungsphase übertragene Leistung von mehr als 5 W, insbesondere von 15 W im Medium Power Standard. Es ergibt sich somit in dieser Konfiguration vorteilhaft eine Leistungsphase mit hoher Leistung und eine Messphase mit niedriger Leistung, so dass zum einen während der Leistungsphase eine hohe Leistung übertragen werden kann und zum anderen in der Messphase die Fremdobjektdetektion durchgeführt werden kann ohne die Gefahr eines Brandes oder einer Verletzung.

Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung initiiert der Sender eine Messphase. Dabei sendet der Sender auf eigene Initiative eine Leistung von beispielsweise 5 W aus. Die Wiederholungsfrequenz der Messungen in den Messphasen entspricht vorteilhafterweise der Wiederholungsfrequenz der im Stand der Technik bekannten Messungen in den Leistungsphasen. Im momentanen Medium Power Standard beträgt diese Wiederholungsfrequenz der Fremdobjektmessung typischerweise 1,5 Sekunden, maximal 4 Sekunden. Dies bedeutet, dass die Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen 1,5s, maximal 4s, beträgt. Dadurch wird gleichzeitig auch die Zeitspanne definiert, innerhalb welcher der Empfänger die Information über die empfangene Leistung an den Sender zu berichten hat. Die Dauer zwischen zwei Berichten soll also typischerweise 1,5s sein, kann aber auch maximal 4s betragen. Der Empfänger erkennt durch die Reduzierung der Leistung auf 5 W die Messphase und misst daraufhin die empfangene Leistung während dieser Messphase und sendet eine Information darüber

zurück an den Sender. Nachdem der Sender die Information erhalten hat, erhöht dieser die übertragene Leistung auf die Leistung der Leistungsphase, d. h. auf mehr als 5 W, insbesondere 15 W, sofern die gemessene Verlustleistung zwischen ausgesendeter Leistung und empfangener Leistung nicht größer ist als ein vorgegebener Grenzwert. Für diese senderinitiierte Leistungsänderung wird lediglich ein einfach aufgebauter Empfänger benötigt.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass der Empfänger eine Messphase initiiert. In dieser Ausführungsvariante fordert der Empfänger den Sender auf, die übertragene Leistung zu reduzieren, beispielsweise auf 5 W. Die Wiederholungsfrequenz der Messungen in den Messphasen entspricht vorteilhafterweise auch hier der Wiederholungsfrequenz der im Stand der Technik bekannten Messungen in den Leistungsphasen, wobei sich die Wiederholungsfrequenz mehr oder weniger ändert, da der Empfänger gemäß dieser Variante bestimmen kann, wann er misst, solange er innerhalb der maximal zulässigen Zeitspanne zwischen zwei Messungen (4s) bleibt. Diese „Aufforderung“ des Empfängers erfolgt vorteilhaft in einem besonderen Datenformat „Fremdobjektdetektion“, welches den Prozess gegenüber einem üblichen Fehlleistungs-Datenpaket beschleunigen kann. Nach der Leistungsreduzierung misst der Empfänger die empfangene Leistung innerhalb der Messphase und berichtet diese Information an den Sender. Der Sender empfängt diese Information und vergleicht die von ihm ausgesendete Leistung mit der von dem Empfänger empfangenen Leistung. In Abhängigkeit von der dadurch ermittelten Verlustleistung wird die Leistungsübertragung fortgesetzt oder nicht, d. h. sofern die Verlustleistung unter dem vorgegebenen Grenzwert liegt, kann der Empfänger wieder eine höhere Leistung als die Messleistung anfordern. Vorteilhaft ist dabei, dass der Empfänger von sich aus den besten Zeitpunkt für die Initiierung der Messphase bestimmen kann. Insbesondere ist es möglich, dass der Empfänger für die Initiierung einen Zeitpunkt wählt, in welchem geringere Leistungsunterschiede sowohl für den Sender als auch den Empfänger selbst zwischen der Leistungsphase und der Messphase bestehen. Insbesondere kann der Empfänger den besten Zeitpunkt in Abhängigkeit des aktuellen Ladestroms wählen. Da die von dem Sender ausgesendete Leistung darüber hinaus von dem Empfänger angefordert wird, ist es möglich, dass der Empfänger eine schrittweise Herabsetzung der übertragenen Leistung initiiert, so dass zwischen der Leistung der Leistungsphase und der Leistung der Messphase keine stufenartige Leistungsänderung erfolgt, sondern vielmehr ein kontinuierlicher Leistungsabfall. Dadurch wird innerhalb des integrierten Schaltkreises sowohl des Empfängers als auch des Senders die Entstehung elektromagnetischer

Störfelder verhindert.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1:

- a) einen Sender mit darauf liegendem Empfänger,
- b) einen Sender mit darauf liegendem Fremdobjekt,
- c) einen Sender mit darauf liegendem Empfänger und Fremdobjekt;

Fig. 2: Leistungsverläufe von Sender und Empfänger während eines senderinitiierten Verfahrens;

Fig. 3: Leistungsverläufe von Sender und Empfänger während eines empfängerinitiierten Verfahrens; und

Fig. 4: ein Blockschaltbild eines möglichen Leistungsflusses zwischen Sender und Empfänger.

Die Figuren 1a) bis c) stellen die unterschiedlichen Situationen dar, in welchen sich der Sender 1 befinden kann.

Gemäß a) steht ein Empfänger 2, beispielsweise ein schnurloses Telefon, mit dem Sender 1 in Verbindung. Vor der Leistungsübertragung identifiziert sich der Empfänger 2 gegenüber dem Sender 1. In dieser Phase befindet sich der Sender 1 vorteilhaft in der Messphase 5, so dass er eine nur geringe Leistung aussendet. Zum Zwecke der Messung erhält der Sender 1 ein Antwortsignal von dem Empfänger 2, welches eine Information über die Leistung erhält, welche der Empfänger 2 von dem Sender 1 empfangen hat. Der Sender 1 errechnet nun aus der von ihm ausgesendeten Leistung und der von dem Empfänger 2 rückübertragenen Leistung eine Verlustleistung als Differenz. Sofern der Betrag dieser Verlustleistung unter einem maximalen Grenzwert liegt, erkennt der Sender

1 den Empfänger 2 als „gültiges Objekt“ und schaltet von der Messphase 5 (beispielsweise 5 W) in die Leistungsphase 4 (beispielsweise 15 W). Der Empfänger 2 wird anschließend mit einer Leistung von 15 W geladen.

Gemäß b) befindet sich auf dem Sender 1 ausschließlich ein Fremdobjekt 3. Dieses Fremdobjekt 3 kann beispielsweise eine Münze sein. Der Sender 1 erkennt anhand der Änderungen des elektromagnetischen Feldes, dass sich auf dem Sender 1 ein feldabsorbierendes Objekt 3 befindet. Daraufhin erhöht der Sender 1 kurzzeitig die Sendeleistung, mit deren Hilfe sich typischerweise der Empfänger 1 beim Sender 1 per Rückübertragung identifiziert. Da das Fremdobjekt 3 jedoch nicht über solche Rückübertragungsfähigkeiten verfügt, schaltet der Sender 1 die Sendeleistung aufgrund der fehlenden Rückübertragung wieder ab.

In c) ist eine Situation dargestellt, in welcher sowohl ein Empfänger 2 als auch ein Fremdobjekt 3 mit dem Sender 1 in Kontakt stehen. In dieser Situation empfängt der Sender 1 von dem Empfänger 2 eine Information darüber, welche Leistung der Empfänger 2 von dem Sender 1 empfängt. Aufgrund des zusätzlich auf dem Sender 1 liegenden Fremdobjektes 3 empfängt der Empfänger 2 eine geringere Leistung von dem Sender 1 als dies der Fall ohne Fremdobjekt 3 wäre. Der Sender 1 vergleicht daraufhin die von ihm ausgesendete Leistung mit der von dem Empfänger 2 empfangenen Leistung und errechnet die Differenz, d. h. die Verlustleistung. Sofern diese Verlustleistung einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet, wird die Leistungsphase nicht initiiert, d. h. der Sender 1 bleibt in der Messphase 5 bis das Fremdobjekt 3 entfernt wurde. Da die Verlustleistung nur mit einer von der Messmethode abhängenden Genauigkeit bestimmt werden kann, entsteht ein „Dunkelbereich“ in welchem die Anwesenheit des Fremdobjektes 3 nicht detektiert werden kann und dieses somit aufgeheizt wird. Der Grenzwert für die Verlustleistung ist somit durch die Messgenauigkeit des Messsystems vorgegeben.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, gemäß welchem die Umschaltung zwischen der Leistungsphase 4 und der Messphase 5 von dem Sender 1 initiiert wird. Das Beispiel ist dabei auf eine Ausführungsvariante gerichtet, in welcher das erfindungsgemäße Verfahren mit sich abwechselnden Leistungsphasen 4 und Messphasen 5 durchgeführt wird. Ausgehend von einer Leistungsphase 4, in welcher der Sender 1 15 W Leistung überträgt, schaltet der Sender 1 nach einer vorbestimmten Zeitspanne die ausgesendete Leistung

von 15 W auf 5 W um. Das Aussenden einer Leistung von 5 W entspricht dabei der Messphase. Wie man anhand der Figur sieht ergibt sich dadurch ein stufenartiger Abfall von 15 W auf 5 W. Die angegebenen Leistungen sind dabei willkürlich gewählt und entsprechen der Leistung des Medium Power Standards und des Low Power Standards. Allerdings ist die Erfindung ebenfalls mit anderen Leistungswerten durchführbar. Im WPC MP Standard (Medium Power Standard) entspricht die Zeitspanne zwischen den einzelnen Übertragungen typischerweise 1,5 Sekunden, maximal jedoch 4 Sekunden. In der Messphase 5 misst der Empfänger 2 die von dem Sender 1 empfangene Leistung und informiert den Sender 1 entsprechend über die empfangene Leistung. Die empfangene Leistung beträgt in diesem Beispiel 4 W. Daraufhin berechnet der Sender 1 die Differenz zwischen der von ihm ausgesendeten Leistung (5 W) und der von dem Empfänger 2 empfangenen Leistungen (4 W). Sofern die Differenz (0,2 W), d. h. die Verlustleistung, unter einem vorgegebenen Grenzwert liegt, wird darauf geschlossen, dass sich kein Fremdobjekt 3 auf dem Sender 1 befindet (dies wird hier angenommen). Sodann schaltet der Sender 1 die von ihm ausgesendete Leistung wieder von 5 W auf 15 W. Damit beginnt eine weitere Leistungsphase 4. Der Wechsel zwischen Leistungsphase 4 und Messphase 5 kann in einem vorbestimmten Zeitabstand erfolgen, jedoch wäre es alternativ auch möglich, dass dieser Wechsel zeitlich unregelmäßig erfolgt, zum Beispiel aufgrund einer vom Empfänger 2 ausgesendeten Anweisung, welche zu einem dem Empfänger 2 passenden Augenblick ausgesendet wird.

Fig. 3 zeigt ein Verfahren, bei welchem die Leistungsänderung von dem Empfänger 2 initiiert wird. Dabei fordert der Empfänger 2 zu einem von ihm frei bestimmbar Zeitpunkt den Sender 1 auf, die übertragene Leistung zu reduzieren, so dass eine Messphase 5 mit geringerer Leistung ausgeführt werden kann. Wie in der Figur dargestellt kann der Empfänger 2 den Sender 1 schrittweise auffordern, die ausgesendete Leistung kontinuierlich zu reduzieren, bis die Leistung von 15 W auf 5 W reduziert wurde. Den besten Zeitpunkt für die Umschaltung der ausgesendeten Leistung kann der Empfänger 2 dabei nach seiner aktuellen Ladungs- und Laststromsituation bestimmen. Sofern der Empfänger 2 wie in dem gegebenen Beispiel nur 13 W von 15 W empfängt, kann dieser eine umgehende Messphase 5 veranlassen, in welcher überprüft wird, ob sich ein Fremdobjekt 3 zwischen Sender 1 und Empfänger 2 befindet. Während der Messphase 5 misst der Empfänger 2 die von dem Sender 1 empfangene Leistung und informiert den Sender 1 über sein Messergebnis. Nachdem der Sender 1 diese Information von dem Empfänger 2 erhalten hat, errechnet dieser die Verlustleistung und verhindert das

Umschaltung in die Leistungsphase 4 solange bis das Fremdobjekt 3 entfernt wurde, falls ein Fremdobjekt vermutet wird. Sofern die Verlustleistung jedoch unter dem jeweiligen vorgegebenen Grenzwert liegt, schaltet der Sender 1 auf Anfrage des Empfänger 2 die Leistung wieder von der Messleistung, beispielsweise 5 W, auf die Leistung für die Leistungsphase 4, beispielsweise 15 W, um.

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel eines möglichen Leistungsflusses zwischen Sender 1 und Empfänger 2. Der Sender 1 emittiert eine Leistung, welche als Eingangsleistung 10 in den Empfänger 2 eingespeist wird. Im Empfänger 2 ist modellhaft eine reale Last 7 einerseits und eine Messeinrichtung 9 andererseits dargestellt. Die reale Last 7 stellt die Übertragungsstrecke im Empfänger 2, abzüglich der Messeinrichtung 9, dar. Die reale Last 7 umfasst insbesondere die aufzuladen Batterie (beispielsweise eines Smartphones). Darüber hinaus umfasst sie aber auch Fehler wie Herstellungstoleranzen der Batterie und/oder des Empfängers, insbesondere eines Empfänger-ICs, mechanische Herstellungstoleranzen der Batterie und/oder des Empfängers, Fehler bei der Einstellung der Fremdobjekterkennung, rechentechnische Ungenauigkeiten durch Analog-Digital-Wandlung und/oder dergleichen.

Im Normalbetrieb misst die Messeinrichtung 9 diese reale Last 7 und somit alle damit verbundenen Fehler und Toleranzen mit. Zum Zwecke der Kalibration ist nun vorgesehen, dass innerhalb des Empfängers 2 umgeschaltet werden kann zwischen der realen Last 7 und einer Messlast 8. Hierzu dient ein Schalter 6. Der Schalter 6 kann Bestandteil eines integrierten Schaltkreises sein und/oder von einer entsprechenden Steuerung Signale zum Schalten empfangen.

Je nach Schaltstellung des Schalters 6 wird die Eingangsleistung 10 entweder ausschließlich auf die reale Last 7 oder aber die Messlast 8 gegeben. Beide Lasten sind mit der Messeinrichtung 9 verbunden. Somit kann die Messeinrichtung 9 sowohl die an der realen Last 7 anliegende Leistung, als auch die an der Messlast 8 anliegende Leistung messen.

Die Messlast 8 hat den zuvor bereits beschriebenen Vorteil, dass die Last, beispielsweise ein Widerstand, sehr präzise bestimmt werden kann. D.h., es liegt in der Messeinrichtung

9 eine sehr präzise Information darüber vor, welche Leistung an der Messlast 8 gemessen werden sollte. Aus einer eventuell gemessenen Abweichung kann somit präzise auf die Qualität der zuvor beschriebenen Fehler rückgeschlossen werden.

Die Messeinrichtung 9 gibt eine Messleistung 11 aus. Diese kann an den Sender 1 übermittelt werden, sodass dieser einen Vergleich zwischen der von ihm ausgesendeten Eingangsleistung 10 in den Empfänger 2 einerseits und der gemessenen Messleistung 11 durchführen kann.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung kann die Messlast 8 zusammen mit der Messeinrichtung 9 in ein IC 12 integriert sein. Dadurch kann die Messung weiter präzisiert werden, sodass die Fehler noch genauer bestimmt werden können.

Die zuvor beschriebene Kalibration hat den Vorteil, dass die Fehler im Empfänger 2, welche jeweils zu Verlustleistungsanteilen führen, sehr präzise ermittelt werden können. Dadurch kann die Genauigkeit des Messsystems deutlich gesteigert werden, ohne dass teurere Bauteile verwendet werden müssten. Auf diese Weise lässt sich sogar eine kabellose Leistungsübertragung von mittelgroßen Leistungen wie beispielsweise 15 W realisieren, wobei Fremdobjekte nach wie vor mit der erforderlichen Genauigkeit (ca. 250mW) erkannt werden können.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|------------------|
| 1 | Sender |
| 2 | Empfänger |
| 3 | Fremdobjekt |
| 4 | Leistungsphase |
| 5 | Messphase |
| 6 | Schalter |
| 7 | reale Last |
| 8 | Messlast |
| 9 | Messeinrichtung |
| 10 | Eingangsleistung |
| 11 | Messleistung |
| 12 | IC |

Patentansprüche

1. Verfahren zur kabellosen Übertragung einer Leistung zwischen einem Sender (1) und einem Empfänger (2), aufweisend eine Leistungsphase (4) und eine Messphase (5), wobei der Empfänger (2) während der Messphase (5) mithilfe einer Messeinrichtung eine empfangene Leistung misst und eine Information über die gemessene Leistung an den Sender (1) übermittelt, wobei der Sender (1) die von ihm ausgesendete Leistung mit der von dem Empfänger (2) gemessenen Leistung vergleicht und daraus eine Verlustleistung ermittelt, wobei die Leistungsphase (4) unterbleibt, wenn die Verlustleistung einen maximal zulässigen Grenzwert überschreitet,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Sender (1) während der Messphase (5) eine Leistung aussendet, welche geringer ist als die während der Leistungsphase (4) ausgesendete Leistung, wobei während der Messphase (5) eine Kalibrierung der Messeinrichtung durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Empfänger zum Zwecke der Durchführung der Kalibrierung zwischen einer realen Last und einer Messlast umgeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum Zwecke der Kalibrierung auf eine in die Messeinrichtung des Empfängers integrierte Messlast umgeschaltet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Kalibrierung eine vordefinierte und in der Messeinrichtung gespeicherte Leistung vom Sender an den Empfänger übertragen wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Kalibrierung zumindest zwei betragsmäßig voneinander verschiedene Leistungen vom Sender an den Empfänger übertragen werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vom Sender an der Empfänger übertragene Leistung während der

Messphase, insbesondere während der Kalibrierung auf einen Maximalwert begrenzt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich Messphasen (5) und Leistungsphasen (4) zeitlich aufeinanderfolgend abwechseln.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Messphasen (5), insbesondere auch die Kalibrierung, in zeitlich regelmäßigen Abständen durchgeführt werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass vor einer Leistungsphase (4) einmalig eine Messphase (5) und/oder Kalibrierung ausgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (1) während einer Leistungsphase (4) eine Leistung von mehr als 5 W, insbesondere von 15 W, aussendet.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (1) während einer Messphase (5) eine Leistung von höchstens 5 W aussendet.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (1) eine Messphase (5) initiiert.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Empfänger (2) eine Messphase (5) initiiert.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistung beim Übergang zwischen der Leistungsphase und der Messphase schrittweise geändert wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die schrittweise Änderung der Leistung in einem vordefinierten Zeitintervall durchgeführt wird.