



# ANFORDERUNGSKATALOG FÜR LADESÄULEN AN BORD Arbeitspaket 5.4

Projekt ALBERO

## AP 5.4 Erstellung eines Anforderungskataloges für die Auslegung von Ladesäulen für einen sicheren Betrieb an Bord

*Lloyds Register, Institut für Sicherheitstechnik / Schiffssicherheit e.V.*

An Bord bestehen andere Umgebungsbedingungen als an Land. Entsprechend sollten an Bord zu installierende Ladesäulen besondere Anforderungen erfüllen.

### Nachfrage und Angebot

Die Auswahl einer geeigneten Ladesäule sollte u.a. nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

- **Anteil von Elektrofahrzeugen** im Transportaufkommen, Kundennachfragen: Wie viele Kunden fragen ein Aufladen nach? Welche Auslastung ist zu erwarten? Welche Anzahl von Ladesäulen erscheint entsprechend sinnvoll? Dies kann sich, je nach Fahrtgebiet, unterscheiden. Generell ist jedoch für die nächsten Jahre von einer deutlichen Zunahme von Elektrofahrzeugen auszugehen.
- **Fahrzeit:** Bei Fahrzeiten unter 2 Stunden empfehlen sich Schnellladesäulen, da ansonsten kein befriedigendes Ladeergebnis erzielt werden kann. Schnellladesäulen empfehlen sich auch dann, wenn die Fahrzeit zwar länger ist, an einer Ladesäule aber mehrere Fahrzeuge nacheinander während der Überfahrt aufgeladen werden sollen. Allerdings verbrauchen diese mehr Leistung, die das Schiff ggf. nicht ausreichend zur Verfügung hat.
- **Verfügbare Leistung:** Die Anzahl und die Leistung der Ladesäule(n) müssen entsprechend der an Bord „überschüssig“ verfügbaren Leistung kalkuliert werden. Die Sicherheit des Schiffsbetriebs geht in jedem Fall vor und muss primär immer gewährleistet sein.
- **Maximal mögliche Länge des Ladekabels:** Je nach Leistung ist die maximal mögliche Länge des Ladekabels eingeschränkt. Ein längeres Ladekabel ermöglicht eine höhere Flexibilität hinsichtlich der Positionierung der Fahrzeuge und ermöglicht auch das Laden mehrere Fahrzeuge in der Umgebung der Ladesäule. Andererseits erhöht sich durch ein längeres Kabel ggf. die Gefahr von Stolper- und Sturzunfällen oder der Beschädigung des Kabels durch Überfahren. Ggf. sollte eine Kabelführung z.B. von oben überdacht werden.
- **Typ des Ladesteckers:** Es gibt mehrere Steckertypen für Elektrofahrzeuge. Die Ladesäule sollte auf jeden Fall den Typ 2- Stecker anbieten, der als europäische Norm festgelegt wurde. Manche Ladesäulen bieten auch (zwei) Kabelausgänge mit unterschiedlichen Steckertypen an.

### Technische Anforderungen

- **Schutzklasse:** Landladesäulen verfügen gemäß Industriestandart über die Schutzklasse IP 54. Für den Bordbetrieb wird für elektrische Installationen eine Schutzklasse von IP55 (geschlossene Decks) bzw. IP56 (Wetterdecks) gefordert, um ausreichend Schutz gegen Spritzwasser zu bieten. Zudem sollte Beständigkeit gegen salzhaltige Atmosphäre bestehen, was durch einen separaten genormten Test nachgewiesen werden sollte.
- **Explosionsschutz:** Unterhalb des Schottendecks muss elektrisches Equipment für den Ex-Bereich Zone 1 zugelassen sein. Eine entsprechende Schutzklasse für den Einsatz im Ex-Bereich Zone 2 oder aber mindestens IP55 für Decks wird oberhalb des Schottendecks gefordert. Landladesäulen sind nicht explosionsgeschützt ausgeführt, da man ihren Standort so auswählen kann, dass sie nicht in explosionsgefährdeten Bereichen stehen. An Bord ist dies nur bedingt möglich. Viele Decks oder Decksbereiche sind bis zu einer Höhe von 45 cm oder komplett (bei vorgesehenem Gefahrguttransport oder unterhalb des Schottendecks) als explosionsgefährdete Zonen

ausgewiesen. Alle elektrischen Installationen in diesen Bereichen müssen über einen entsprechenden Explosionsschutz verfügen. Da die Umsetzung dieser Anforderung sehr kostenintensiv ist, sollte als Alternative ggf. dennoch ein Standort an Bord gesucht werden, der diesen Forderungen nicht unterliegt. Zu beachten ist, dass auch das Ladekabel eine Explosions-Gefährdung darstellen kann, eine Installation der Ladesäule in einer Höhe über 45 cm also nur dann sinnvoll wäre, wenn auch das Ladekabel in einer entsprechenden Höhe angebracht werden könnte.

- **Vibrationen:** Landladesäulen sind fest installiert, es gibt derzeit keine Anforderungen für Vibrationstests. An Bord installierte Ladesäulen sollten mindestens die Vibrationsbeständigkeit haben, die auch von anderen elektrischen Installationen an Bord gefordert werden. Elektrische Maschinen und Geräte, die an Bord von Schiffen eingesetzt werden, müssen entsprechend der meisten Klassifikationsvorschriften mindestens für eine Schwingbelastung von 0,7 g ausgelegt sein. Dabei werden Schwingungen in einem definierten Frequenzbereich (z.B. von 2 - 100 Hz gemäß der Klassifikationsvorschriften von Lloyds Register) zugrunde gelegt.
- **Schräglagen:** In elektrischen oder elektronischen Geräten an Bord dürfen bis zu einem Neigungswinkel von 22,5° zu jeder Seite keine ungewollten Schaltvorgänge oder Funktionsänderungen auftreten.
- **Elektromagnetische Verträglichkeit:** Die EMV ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren, ohne diese Umgebung und andere Einrichtung unzulässig zu beeinflussen. Umgekehrt darf die elektrische Installation nicht durch elektrische Geräte in der Umgebung gestört werden. An Bord gelten entsprechende Regelungen für elektrische Geräte, die diese erfüllen müssen. Beim Laden von Elektrofahrzeugen ist dabei die Steckverbindung zwischen Ladesäule und Fahrzeug eine Herausforderung. In diesem Zusammenhang sollte der Focus auch auf den Gleichrichter (Umrichter) der Ladesäule gelegt werden, da dieser getaktet und mit Leistungselektronik arbeitet.
- **Spannungs- und Frequenzabweichungen:** Alle elektrischen Betriebsmittel an Bord müssen so beschaffen sein, dass sie bei den im normalen Betrieb auftretenden Spannungs- und Frequenzabweichungen störungsfrei arbeiten. Diese Abweichungen sind für Bordanlagen wie folgt definiert:  
Spannung: +6/-10% (dauerhaft) +20/-20% (vorübergehend)  
Frequenz: +5/-5% (dauerhaft) +10/-10% (vorübergehend)  
Der Land- Industriestandard fordert in der Regel eine Toleranz von +10/-10% für Spannung bzw. Frequenz.
- **Netzparameter:** Während an Land die Übertragungsspannung üblicherweise 400 V und 50 Hz beträgt, ist diese auf vielen Schiffen 440 V und 60 Hz. Eine Ladesäule muss entsprechend mit diesen Eingangswerten funktionsfähig sein, dies gilt insbesondere dann, wenn die Umrichtung in der Ladesäule und nicht im Fahrzeug erfolgt.
- **Stromnetz, Erdung, Verteilung:** Landladesäulen sind für TT bzw. TN- Netze ausgelegt, welche beide eine Erdung der angeschlossenen Verbraucher über das Verteilernetz gewährleisten. In beiden Netzen erfolgt eine Nullung des Stromkreises (Nullleiter). Im TN-Netz ist der Sternpunkt der Quelle direkt geerdet. Die angeschlossenen Geräte sind über einen Schutzleiter mit dem Sternpunkt des Netzes verbunden. Im TT-Netz sind der Sternpunkt des Netzes und die angeschlossenen Geräte separat direkt mit der Erde verbunden. Vor Beginn des Ladevorganges prüft die Kommunikationselektronik zwischen Ladesäule und Fahrzeug, ob eine solche Erdung vorhanden ist. Falls nicht, kann der Ladevorgang nicht beginnen.

Auf Schiffen kommt jedoch häufig ein IT-Netz zum Einsatz. Im IT-Netz ist der Sternpunkt des Netzes nicht mit der Erde verbunden. Stattdessen sind die Körper der angeschlossenen Geräte einzeln separat direkt mit der Erde verbunden. Aus Sicherheitsgründen und damit die Ladeelektronik einen Schutzleiter erkennt, muss daher ein geerdetes Netz durch den Einsatz eines Trenntransformators erzeugt werden. Der Trafo muss an die Leistungsparameter der Ladesäule angepasst sein.

- **Kabel:** Das Kabel sollte fest mit der Ladesäule verbunden sein, so dass keine Fahrer-eigenen Kabel verwendet werden können. Wenn das Kabel unter Zug kommt (z.B. Bewegung von Fahrzeugen bei schwerem Wetter), sollte die Verbindung gelöst werden (Notentkopplung).
- **Integration in das Power-Management-System an Bord:** Die Ladesäule sollte in das Power-Managementsystem des Schiffes integriert sein. Empfehlenswert wäre eine Integration in der Gruppierung „unwichtiger Verbraucher“. Im Falle von zu hohem Leistungsbedarf kann die Ladesäule automatisch vom Netz abgekoppelt werden, bis wieder ausreichend Leistung zur Verfügung steht.
- **Manuelle Abschaltung bei besonderen Situationen:** Die gesamte Ladesäule sollte einfach vom Netz getrennt werden können, z.B. durch eine manuelle Abschaltung (Zugang nur für Crew), so dass die Benutzung nicht möglich ist. Dies kann z.B. erforderlich werden, wenn an Stellplätzen in der Nähe Gefahrgut transportiert wird oder schweres Wetter zu erwarten ist. Die Abschaltvorrichtung (Ladesäule spannungsfrei schalten) sollte immer in einem nicht explosionsgefährdeten Bereich/Raum stattfinden. Ggf. kann dies auch über die Integration in das „Power Management System“ realisiert werden.

### Sicherheitsmaßnahmen und Überwachung

- **Integrierte Schutzfunktionen:** Die Ladesäule muss über sämtliche auch an Land geforderte Sicherheitsmaßnahmen verfügen, dies erfordert u.a. die Funktionalität der Kommunikation zwischen Ladesäule und Batteriemanagementsystem des Fahrzeuges z.B.
  - Kurzschlusschutz
  - Überladeschutz – Abschaltung bei drohender Überladung der Batterie
  - Ggf. interne Kühlung der Ladesäule bzw. des Ladekabels (je nach Leistung)
  - Temperaturüberwachung der Ladesäule, des Kabels und des Steckers– Abschaltung bei Überhitzung
  - Überwachung der Integrität des Kabels – Abschaltung bei Beschädigungen
  - Abschaltung bei Gefahrenmeldung des Batteriemanagementsystems des FahrzeugsZusätzlich erscheinen bestimmte schiffsspezifische Schutzfunktionen sinnvoll, z.B.:
  - Abschaltung bei starken Neigungswinkeln
  - Abschaltung bei starker äußerer Krafteinwirkung
- **Integration in das Alarm- und Monitoring-system des Schiffes:** Die Ladesäule sollte bei internen als auch bei externen Fehlfunktionen einen Alarm geben, der auf der Brücke oder in einer ständig besetzten Leitzentrale (z.B. Maschinenkontrollraum) aufläuft.
- **Notfall-Fernabschaltung:** Im Falle von Havarien, z.B. einem Brand in der Nähe, sollte eine Fernabschaltung der Ladesäule möglich sein.
- **Alarm:** Ggf. kann es sinnvoll sein, dass die Ladesäule im Falle von Gefahrensituationen (z.B. Problem in der Ladesäule, des Anschlusses oder der Autobatterie) einen bemerkbaren Alarm auslöst. Dieser muss akustisch und visuell wahrnehmbar sein.

- **Monitoring:** In der Nähe der Ladesäule sind verschiedenen Detektionssysteme zur frühzeitigen Gefahrenerkennung sinnvoll, z.B.
  - Kameraüberwachung
  - Gassensorik (z.B. Wasserstoff)
  - Thermografie, Wärmebildkamera

Die Auswahl und Auslegung hängen vom konkreten Standort an Bord ab (offenes oder geschlossenes Deck, Sonneneinstrahlung, Luft-Zirkulation, ...). Bei der Überschreitung bestimmter gefährlicher Grenzwerte sollte Alarm ausgelöst werden (Brücke, akustisch, optisch).

- **Brandschutz:** Standorte von Ladestationen sollten mit geeigneten, ggf. zusätzlichen, Brandmeldern ausgerüstet sein. Wasser-Anschlussmöglichkeiten in der Nähe für die Bekämpfung eines brennenden Elektroautos sind sinnvoll. Vor Beginn der Brandbekämpfung sollte der Ladevorgang abgebrochen und die Ladesäule spannungsfrei geschaltet werden!