

	DIN EN 62864-1 (VDE 0115-864-1)	DIN
	Diese Norm ist zugleich eine VDE-Bestimmung im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE
ICS 45.060.10 Bahnanwendungen – Schienenfahrzeuge – Stromversorgung durch Energiespeichersysteme auf Schienenfahrzeugen – Teil 1: Serienhybridsystem (IEC 62864-1:2016); Deutsche Fassung EN 62864-1:2016 Railway applications – Rolling stock – Power supply with onboard energy storage system – Part 1: Series hybrid system (IEC 62864-1:2016); German version EN 62864-1:2016 Applications ferroviaires – Matériel roulant – Alimentation équipée d'un système embarqué de stockage de l'énergie – Partie 1: Système hybride série (IEC 62864-1:2016); Version allemande EN 62864-1:2016 Gesamtumfang 64 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2016-07-20 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2017-05-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62864-1 (VDE 0115-864-1):2014-12.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium UK 351.1 „Fahrzeuge“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 9 „Electrical equipment and systems for railways“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Dokumenten

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ist nachstehend wiedergegeben.

Tabelle NA.1 (1 von 3)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
CLC/TS 50591:2013	–	DIN CLC/TS 50591 (VDE V 0115-591):2014-07	VDE V 0115-591
EN 50102	–	DIN EN 50102; DIN EN 62262 (VDE 0470-100)	VDE 0470-100
EN 50547:2013	–	DIN EN 50547 (VDE 0115-547):2013-08	VDE 0115-547
–	IEC 60050-811	a	–
EN 60076-10	IEC 60076-10	DIN EN 60076-10 (VDE 0532-76-10)	VDE 0532-76-10

Tabelle NA.1 (2 von 3)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60077-1	IEC 60077-1	DIN EN 60077-1 (VDE 0115-460-1)	VDE 0115-460-1
EN 60216-5	IEC 60216-5	DIN EN 60216-5 (VDE 0304-25)	VDE 0304-25
EN 60254-1:2005	IEC 60254-1:2005	DIN EN 60254-1:2006-01	–
EN 60254-2:2008	IEC 60254-2:2008	DIN EN 60254-2:2009-03	–
EN 60310	IEC 60310	DIN EN 60310 (VDE 0115-420)	VDE 0115-420
EN 60349-2	IEC 60349-2	DIN EN 60349-2 (VDE 0115-400-2)	VDE 0115-400-2
EN 60349-4	IEC 60349-4	DIN EN 60349-4 (VDE 0115-400-4)	VDE 0115-400-4
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
–	IEC 60571	–	–
EN 60721-3-5	IEC 60721-3-5	DIN EN 60721-3-5	–
–	IEC 60850	–	–
–	IEC 61133:2016	–	–
EN 61287-1	IEC 61287-1	DIN EN 61287-1 (VDE 0115-410)	VDE 0115-410
EN 61373	IEC 61373	DIN EN 61373 (VDE 0115-106)	VDE 0115-106
EN 61377:2016	IEC 61377:2016	DIN EN 61377 (VDE 0115-403):2016-11	VDE 0115-403
EN 61881-3	IEC 61881-3	DIN EN 61881-3 (VDE 0115-430-3)	VDE 0115-430-3
–	IEC 61991	–	–
–	IEC 62236-3-1	–	–
–	IEC 62236-3-2	–	–
–	IEC 62278	–	–
–	IEC 62497-1	–	–
–	IEC 62498-1:2010	–	–
–	IEC 62619 ^b	DIN EN 62619 (VDE 0510-39) ^b	VDE 0510-39
EN 62620	IEC 62620	DIN EN 62620 (VDE 0510-35)	VDE 0510-35
–	IEC 62888 (alle Teile)	–	–
–	IEC 62888-2	–	–
–	IEC 62928 ^b	DIN EN 62928 (VDE 0115-928) ^b	VDE 0115-928
–	IEC 62973 ^b	–	–
–	ISO 6469-3:2001	–	–
–	ISO 12405-1:2011	–	–

Tabelle NA.1 (3 von 3)

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	ISO 23274:2007	–	–
–	ISO 23828:2013	–	–
^a „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev . ^b In Vorbereitung.			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN CLC/TS 50591 (VDE V 0115-591):2014-07, Spezifikation und Überprüfung des Energieverbrauchs von Schienenfahrzeugen; Deutsche Fassung CLC/TS 50591:2013

DIN EN 50102; DIN EN 62262 (VDE 0470-100), Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äußere mechanische Beanspruchungen (IK-Code)

DIN EN 50547 (VDE 0115-547):2013-08, Bahnanwendungen – Batterien für Bordnetzversorgungssysteme; Deutsche Fassung EN 50547:2013

DIN EN 60076-10 (VDE 0532-76-10), Leistungstransformatoren – Teil 10: Bestimmung der Geräuschpegel

DIN EN 60077-1 (VDE 0115-460-1), Bahnanwendungen – Elektrische Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Teil 1: Allgemeine Betriebsbedingungen und allgemeine Regeln

DIN EN 60216-5 (VDE 0304-25), Elektroisolierstoffe – Eigenschaften hinsichtlich des thermischen Langzeitverhaltens – Teil 5: Bestimmung des relativen thermischen Lebensdauer-Indexes (RTE) von Elektroisolierstoffen

DIN EN 60254-1:2006-01, Blei-Antriebsbatterien – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (IEC 60254-1:2005); Deutsche Fassung EN 60254-1:2005

DIN EN 60254-2:2009-03, Blei-Antriebsbatterien – Teil 2: Maße von Zellen und Endpolen und Kennzeichnung der Polarität auf Zellen (IEC 60254-2:2008); Deutsche Fassung EN 60254-2:2008

DIN EN 60310 (VDE 0115-420), Bahnanwendungen – Transformatoren und Drosselspulen auf Bahnfahrzeugen

DIN EN 60349-2 (VDE 0115-400-2), Elektrische Zugförderung – Drehende elektrische Maschinen für Bahn- und Straßenfahrzeuge – Teil 2: Umrichter gespeiste Wechselstrommotoren

DIN EN 60349-4 (VDE 0115-400-4), Elektrische Zugförderung – Drehende elektrische Maschinen für Bahn- und Straßenfahrzeuge – Teil 4: Umrichter gespeiste Synchronmaschinen mit Permanentmagnetenerregung

DIN EN 60529 (VDE 0470-1), Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)

DIN EN 60721-3-5, Klassifizierung von Umweltbedingungen – Teil 3: Klassen von Umwelteinflußgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 5: Einsatz an und in Landfahrzeugen

DIN EN 61287-1 (VDE 0115-410), *Bahnanwendungen – Stromrichter auf Bahnfahrzeugen – Teil 1: Eigenschaften und Prüfverfahren*

DIN EN 61373 (VDE 0115-106), *Bahnanwendungen – Betriebsmittel von Bahnfahrzeugen – Prüfungen für Schwingen und Schocken*

DIN EN 61377 (VDE 0115-403):2016-11, *Bahnanwendungen – Schienenfahrzeuge – Kombiniertes Prüfverfahren für Traktionssysteme (IEC 61377:2016); Deutsche Fassung EN 61377:2016*

DIN EN 61881-3 (VDE 0115-430-3), *Bahnanwendungen – Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Kondensatoren für Leistungselektronik – Teil 3: Doppelschichtkondensatoren*

E DIN EN 62619 (VDE 0510-39), *Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen nicht säurehaltigen Elektrolyten – Sicherheitsanforderungen für Lithium-Akkumulatoren und -Batterien für die Verwendung in industriellen Anwendungen*

DIN EN 62620 (VDE 0510-35), *Akkumulatoren und Batterien mit alkalischen oder anderen nichtsäurehaltigen Elektrolyten – Lithium-Akkumulatoren und -batterien für industrielle Anwendungen*

DIN EN 62928 (VDE 0115-928) (In Vorbereitung), *Bahnanwendungen – Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen – Lithium-Ionen-Traktionsbatterien auf Bahnfahrzeugen*

**Bahnanwendungen –
Schienenfahrzeuge – Stromversorgung durch Energiespeichersysteme auf
Schienenfahrzeugen –
Teil 1: Serienhybridsystem
(IEC 62864-1:2016)**

Railway applications –
Rolling stock – Power supply with onboard energy
storage system –
Part 1: Series hybrid system
(IEC 62864-1:2016)

Applications ferroviaires –
Matériel roulant – Alimentation équipée d'un
système embarqué de stockage de l'énergie –
Partie 1: Système hybride série
(IEC 62864-1:2016)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2016-07-20 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2016 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62864-1:2016 D

Vorwort

Der Text des Dokuments 9/2154/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62864-1, erarbeitet vom IEC/TC 9 „Electrical equipment and systems for railways“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62864-1:2016 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2017-05-04
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2019-11-04

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62864-1:2016 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60076-10	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60076-10 .
IEC 60077-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60077-1 .
IEC 60216-5	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60216-5 .
IEC 60254-1:2005	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60254-1:2005 (nicht modifiziert).
IEC 60254-2:2008	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60254-2:2008 (nicht modifiziert).
IEC 60310	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60310 .
IEC 60721-3-5	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60721-3-5.
IEC 62619	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62619 ¹⁾ .
IEC 62620	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62620 .
IEC 62928	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 62928 ¹⁾ .

¹⁾ Im Entwurfs-Stadium.

Inhalt

Seite

Vorwort	2
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe und Abkürzungen	10
3.1 Begriffe	10
3.2 Abkürzungen	13
4 Konfiguration der Energiequellen von Hybridsystemen	14
4.1 Allgemeines	14
4.1.1 Überblick	14
4.1.2 Anforderungen an die Systemkonfiguration	14
4.1.3 Hauptbetriebsarten des Serienhybridsystems	15
4.1.4 Typische Konfiguration der Serienhybridsysteme	17
4.2 Anwendungsbeispiele	17
4.2.1 Dieselelektrische Schienenfahrzeuge	17
4.2.2 Fahrzeuge mit Brennstoffzellen	19
4.2.3 Mittels Gleichstrom-Fahrleitungen gespeiste Fahrzeuge: Parallelschaltung des ESS	19
4.2.4 Mittels Gleichstrom-Fahrleitungen gespeiste Fahrzeuge: Reihenschaltung des ESS	21
4.3 Leistungsfähigkeit der Serienhybridsysteme	22
4.3.1 Verbesserung des Wirkungsgrades	22
4.3.2 Erhöhung der Antriebsleistung	23
4.3.3 Betrieb im eingeschränkten Betriebszustand	26
5 Umgebungsbedingungen	26
5.1 Allgemeines	26
5.2 Höhe	26
5.3 Temperatur	27
6 Funktionale und Systemanforderungen	27
6.1 Mechanische Anforderungen	27
6.1.1 Mechanische Beanspruchung	27
6.1.2 Schutz gegen äußere mechanische Einflüsse	27
6.2 Steuerungsanforderungen	27
6.3 Elektrische Anforderungen	28
6.3.1 Externe Lade- und Entladefunktion	28
6.3.2 Betrieb ausschließlich mit Energiespeichersystem	28
6.4 Anforderung an die Abtrennung	28
6.5 Eingeschränkter Betriebszustand	28
6.6 Sicherheitsanforderungen	28
6.6.1 Schutz gegen elektrische Gefahren	28

6.6.2	Brandverhalten und -schutz	28
6.6.3	Schutz gegen weitere Beanspruchungen	28
6.6.4	Kurzschlusschutz.....	28
6.7	Lebensdaueranforderungen	29
6.8	Zusätzlich Anforderung an Geräuschemissionen eines Hybridsystems	29
7	Prüfungsarten	29
7.1	Allgemeines	29
7.2	Typprüfung	30
7.3	Optionale Prüfung.....	30
7.4	Stückprüfung	30
7.5	Prüfkategorien	30
7.6	Abnahmekriterien	32
8	Kombinierte Prüfungen.....	32
8.1	Allgemeines	32
8.2	Prüfbedingungen	32
8.3	ESS-Steuerung.....	33
8.3.1	Lade-/Entlade-Steuerfunktion des ESS	33
8.3.2	Prüfung des externen Ladens	33
8.3.3	Prüfung der elektrischen Trennung.....	33
8.3.4	Prüfung des eingeschränkten Betriebszustandes.....	33
8.3.5	SOC/SOE-Prüfung	33
8.4	Abtriebsdrehmoment	33
8.4.1	Prüfung von Geschwindigkeitsvariation bei vollem Drehmoment.....	33
8.4.2	Prüfung des Abtriebsdrehmoments ausschließlich mit dem Energiespeichersystem	34
8.5	Prüfung des Systemablaufs	34
8.6	Energieeffizienz und -verbrauch.....	35
8.6.1	Allgemeines	35
8.6.2	Energieeffizienz und Verbrauchsmessung.....	35
8.6.3	Bestimmung des Kraftstoffverbrauches und der Abgasemissionspegel (nur bei Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen)	37
8.7	Dauer des Fahrzeugbetriebs durch das ESS.....	37
8.7.1	Allgemeines	37
8.7.2	Zeitmessung des ESS.....	37
8.8	Test unter Umgebungsbedingung	38
8.8.1	Allgemeines	38
8.8.2	Funktionsprüfung bei niedriger Temperatur	38
8.8.3	Funktionsprüfung bei hoher Temperatur.....	38
8.9	Kurzschlusschutzprüfung	38
8.10	Dauerprüfung des ESU	39

9	Fahrzeugprüfung	39
9.1	Allgemeines	39
9.2	ESS-Trennprüfung	39
9.3	Prüfung des Fahrzeugablaufs	39
9.4	Messung des Energieverbrauches des Antriebssystems	40
9.5	Bestimmung des Kraftstoffverbrauches und der Abgasemissionspegel (nur bei Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen)	40
9.5.1	Bestimmung des Kraftstoffverbrauches	40
9.5.2	Bestimmung der Abgasemissionspegel	40
9.6	Messung des Energieverbrauches der Hilfsbetriebsstromkreise	41
9.7	Dauer des Fahrzeugbetriebs durch ESS	41
9.8	Bestimmung der Geräuschemission	41
	Anhang A (informativ) Ladezustand (SOC) und Energiezustand (SOE) für Batterien und Kondensatoren	42
A.1	Bedeutung von Kapazität und Energie	42
A.1.1	Allgemeines	42
A.1.2	Theoretische Energie	43
A.1.3	Nennenergie	43
A.1.4	Nutzbare Energie	43
A.2	Bedeutung von SOC und SOE	44
A.2.1	Allgemeines	44
A.2.2	Theoretischer Zweck	44
A.2.3	Allgemeiner Zweck	45
A.2.4	Effektiver oder praktischer Gebrauch	45
A.2.5	Nutzungskoeffizient	45
	Anhang B (informativ) Energiebezogene Begriffe	47
B.1	Allgemeines	47
B.2	Begriffe für regenerative Indizes	47
B.3	Energiebezogene Leistungsfähigkeitsindizes von Serienhybridsystemen	48
B.3.1	Allgemeines	48
B.3.2	Messstellen	48
B.3.3	Klasse der primären Energiequelle	49
B.3.4	Energieverbrauch	50
B.3.4.1	Energieverbrauch der Traktionsausrüstung	50
B.3.4.2	Energieverbrauch am Stromabnehmer	50
B.3.4.3	Elektrischer Energieverbrauch des Hybridsystems	50
B.3.4.4	Verluste im ESS	51
B.3.5	Regenerativer Wirkungsgrad	51
B.3.5.1	Allgemeines	51

B.3.5.2	Regenerativer Wirkungsgrad der Traktionsausrüstung	52
B.3.5.3	Regenerativer Wirkungsgrad des mittels Fahrleitungen gespeisten Fahrzeugs	52
B.3.5.4	Regenerativer Wirkungsgrad des Hybridsystems	52
Anhang C (informativ)	Auf diese Norm anwendbare Gesetze und Verordnungen über Brandschutz	53
C.1	Allgemeines	53
C.2	China	53
C.3	Europa	53
C.4	Japan	53
C.5	Russland	53
C.6	Vereinigte Staaten von Amerika	53
Anhang D (informativ)	Liste der Unterabschnitte mit Vereinbarungen zwischen dem Benutzer und dem Hersteller	54
Literaturhinweise		56
Anhang ZA (normativ)	Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	58
Bilder		
Bild 1	– Hierarchie der Normen hinsichtlich IEC 62864-1	8
Bild 2	– Blockschaltbild eines Serienhybridsystems	15
Bild 3	– Beispielhafte Konfiguration eines Serienhybridsystems, in dem alle Hauptstromkreis-Teilsysteme mit dem gemeinsamen Gleichstromzwischenkreis verbunden sind	17
Bild 4	– Serienhybridsystem in dieselelektrischen Fahrzeugen	18
Bild 5	– Serienhybridsystem in Fahrzeugen mit Brennstoffzellen	19
Bild 6	– Serienhybridsystem in mittels Fahrleitungen gespeisten Fahrzeugen mit Parallelschaltung des Energiespeichers	20
Bild 7	– Serienhybridsystem in mittels Fahrleitungen gespeisten Fahrzeugen mit Reihenschaltung des Energiespeichers	21
Bild 8	– Dieselelektrisches Antriebssystem (ohne ein ESS)	22
Bild 9	– Mittels Fahrleitung gespeistes Antriebssystem (ohne ein ESS)	23
Bild 10	– Erhöhung der Antriebsleistung durch ein fahrzeugseitiges ESS	25
Bild 11	– Beispiel der Leistungsfähigkeit eines fahrzeugseitigen ESS im eingeschränkten Betriebszustand	26
Bild A.1	– Unterschied zwischen Kapazität und Energieinhalt	42
Bild B.1	– Beispiel eines Blockschaltbildes eines Serienhybridsystems	49
Tabellen		
Tabelle 1	– Hauptbetriebsarten der Serienhybridsysteme	16
Tabelle 2	– Prüfliste	31
Tabelle D.1	– Liste der Unterabschnitte mit Vereinbarungen zwischen dem Benutzer und dem Hersteller	54

Einleitung

Es besteht ein steigender Bedarf für eine effiziente Energienutzung, da sowohl immer weniger fossile Kraftstoffe als Energiequelle zur Verfügung stehen als auch die den globalen Klimawandel beeinflussenden Emissionen (z. B. CO₂, NO_x, PM usw.) reduziert werden müssen. Das Bahnsystem, das prinzipiell bereits ein energieeffizientes Verkehrssystem darstellt, sollte ebenfalls diese Anforderungen erfüllen. Zusätzlich zur Energieeinsparung ist es erforderlich, die Spitzenleistung zu reduzieren, die Spannung zu stabilisieren und es zu ermöglichen, in landschaftlich schönen Gebieten ohne Stromabnahme zu fahren sowie auch bei einem Ausfall der elektrischen Ausrüstung des Schienenfahrzeuges oder des Energieversorgungssystems die nächste Haltestelle bzw. den nächsten Bahnhof sicher zu erreichen. Die Einführung von Hybridsystemen in Schienenfahrzeugen trägt dazu bei, diese Ziele zu erreichen. Diese Hybridfahrzeuge sind mit Energiespeichersystemen ausgestattet, die die effektive Nutzung regenerativer Energien^{N1)} ermöglichen. Ein Hybridsystem sollte gewährleisten, dass es die Energieeffizienz durch eine aktive Steuerung des Leistungsflusses zwischen dem Verbrennungsmotor oder dem Energieversorgungssystem, der Bordnetzversorgung, dem Antriebs-/Bremsystem, dem Energiespeichersystem usw. verbessert.

Ziel der Einführung von Hybridsystemen ist u. a.:

- Reduzierung des Energieverbrauches;
- Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Fahrzeuge;
- Möglichkeit, mit auf den Fahrzeugen gespeicherter Energie zu fahren; und
- Verbesserung der Umwelteigenschaften.

Ziel dieser Norm ist es, sowohl die grundlegende Systemkonfiguration für (elektrisch angebundene) Serienhybridsysteme und die Prüfungen zum Nachweis der effektiven Energieverwendung einzuführen als auch Bahnunternehmen und Herstellern Leitfäden zur Herstellung und Bewertung von Hybridsystemen zur Verfügung zu stellen.

Die Hierarchie der für Hybridsysteme relevanten Normen ist in [Bild 1](#) zusammengefasst. Die in [Bild 1](#) aufgeführten Normen sind nicht vollständig.

^{N1)} Nationale Fußnote: Unter regenerativer Energie ist hier nicht Energie aus regenerativen Quellen, wie z. B. Windkraft gemeint, sondern zurückgewonnene Energie aus Bremsvorgängen.

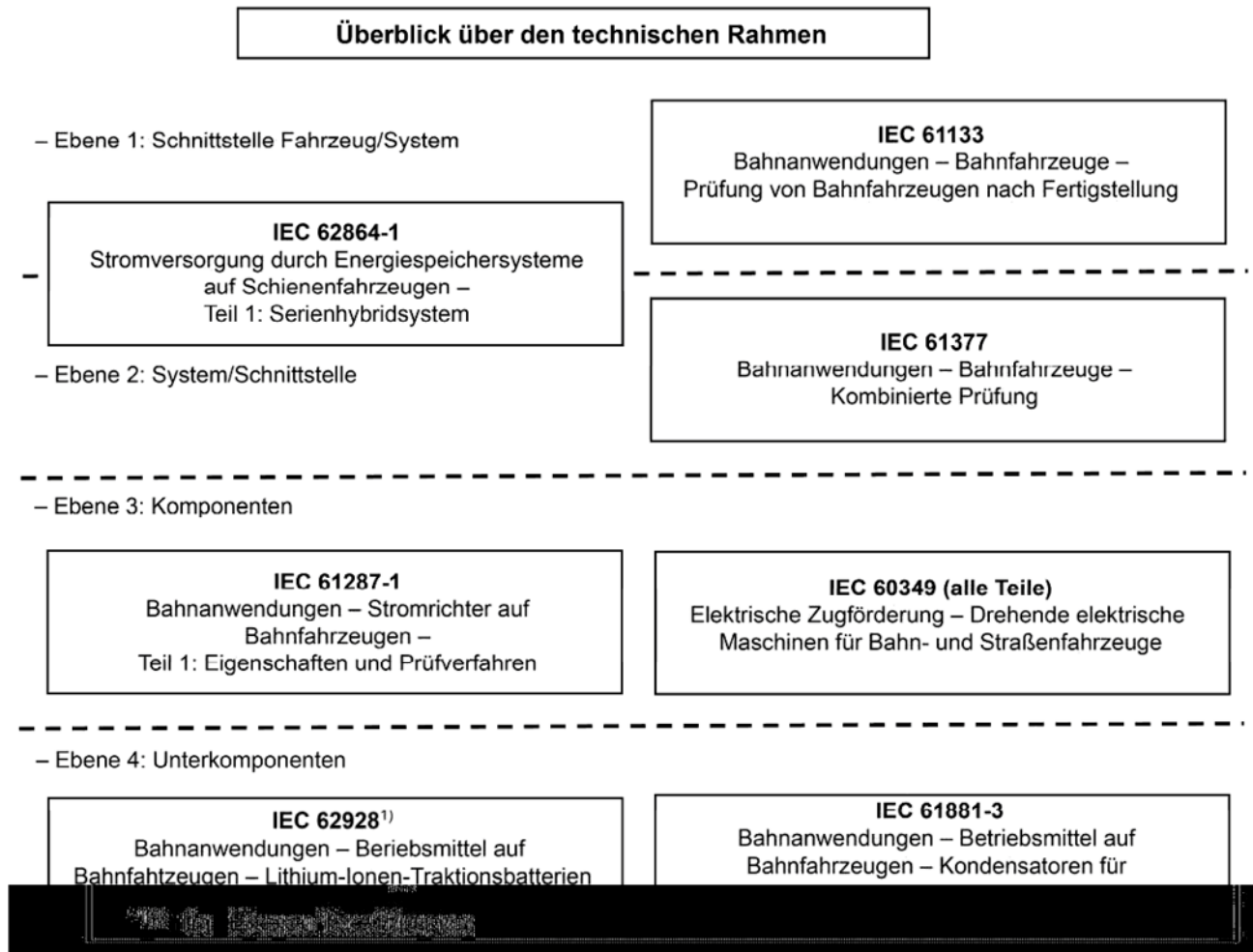


Bild 1 – Hierarchie der Normen hinsichtlich IEC 62864-1

In dieser Norm hat das Hybridsystem die folgenden vier hierarchischen Ebenen:

- Schnittstelle Fahrzeug/System (Ebene 1);
- Systeme und Schnittstellen (Ebene 2);
- Komponenten (Ebene 3); und
- Unterkomponenten (Ebene 4).

Ausführliche Beschreibungen der Ebenen sind im [Unterabschnitt 7.1](#) enthalten.

Z. B. ist eine Unterkomponente (Ebene 4) eine Zelle oder ein Modul (für eine Batterie, Unterkomponente wird in [IEC 62620](#) definiert).

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 62864 gilt für (elektrisch verbundene) Serienhybridsysteme mit fahrzeugseitiger Energiespeicherung (hiernach Hybridsystem genannt).

Ein Hybridsystem hat (mindestens) zwei Energiequellen, einschließlich eines fahrzeugseitigen Energiespeichersystems (ESS), um durch eine Kombination von Stromrichtern und Motoren sowie durch die Energiemanagementsteuerung folgende Eigenschaften zu erzielen:

- Verbesserung der Energieeffizienz und der Kraftstoffausnutzung, Verbesserung der Beschleunigungswerte, Verlängerung der Reichweite und des unterbrechungsfreien Betriebs beim Ausfall der primären Energiequelle (PPS) durch die Verwendung eines ESS zusätzlich zur primären Energiequelle unter Bedingungen, bei denen die Leistung und die Kapazität der Energiequelle, einschließlich der rückgespeisten Energien, beschränkt sind, wodurch diese Beschränkungen vermindert werden;
- Reduzierung des Kraftstoffverbrauches, Reduzierung der Emissionen (z. B. CO₂, NO_x, PM usw.);
- Reduzierung der Umweltbeeinflussung (z. B. sichtbare Hindernisse, Geräusche usw.).

Ferner werden in dieser Norm auch Systeme berücksichtigt, die fahrzeugseitig lediglich aus einem ESS ohne weitere PPS bestehen.

Diese Norm zielt darauf hin, die folgenden grundlegenden Anforderungen, Kennwerte, Funktionen und Prüfverfahren für Hybridsysteme zu spezifizieren:

- Energiemanagement zur Steuerung des Leistungsflusses zwischen der primären Energiequelle, dem Energiespeichersystem und den Leistungsstromrichtern;
- Energieverbrauch, Energieeffizienz und rückgespeiste Energie;
- Fahrzeugkennwerte, die durch das Energiespeichersystem erreicht werden;
- Prüfverfahren der kombinierten Prüfung; und
- Prüfverfahren der kompletten Fahrzeuge basierend auf Werksprüfungen (stationär) und Einsatzprüfungen (im Betrieb).

ANMERKUNG In dieser Norm bedeutet Stromrichter eine Kombination aus einem oder mehreren Stromrichtern (z. B. Gleichrichter, Wechselrichter, Gleichstromsteller usw.).

Es werden die Schnittstellen folgender Energiequellen behandelt:

- externes elektrisches Stromversorgungssystem;
- fahrzeugseitige ESS (einschließlich rein fahrzeugseitiger Energiespeicherung);
- Brennstoffzelle, dieselelektrischer Generator; und
- weitere Energiequellen.

Bei der Kombination von Wechselrichtern und Motoren gilt diese Norm für über Spannungszwischenkreis-Wechselrichter gespeiste Asynchron- oder Synchronmotoren.

Die Energiequellen sowie die Kombination von Wechselrichtern und Motoren sind nicht auf die oben genannten beschränkt, so dass diese Norm auch auf zukünftige Systeme angewandt werden kann.

Dieser Teil der IEC 62864 umfasst elektrisch verbundene Systeme (Serienhybrid) und nicht Systeme, die die Antriebskraft mechanisch übertragen (Parallelhybrid).

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-811, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric*

IEC 60349-2, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 2: Electronic convertor-fed alternating current motors*

IEC 60349-4, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 4: Permanent magnet synchronous electrical machines connected to an electronic converter*

IEC 60529, *Degrees of Protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 61133:2016, *Railway applications – Rolling stock – Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service*

IEC 61287-1, *Railway applications – Power converters installed on board rolling stock – Part 1: Characteristics and test methods*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61377:2016, *Railway applications – Electric traction – Rolling stock – Combined test method for traction systems*

IEC 61881-3, *Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics – Part 3: Electric double-layer capacitors*

IEC 61991, *Railway applications – Rolling stock – Protective provisions against electrical hazards*

IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

IEC 62498-1:2010, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

3 Begriffe und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach IEC 60050-811 und die folgenden Begriffe.

3.1 Begriffe

3.1.1

Hybridsystem

System, das (mindestens) zwei verschiedene Arten von Komponenten zu einem bestimmten Zweck kombiniert

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Schienenfahrzeuge existiert sowohl ein Konzept, mehrere Antriebsleistungsquellen zu verwenden, als auch eines, mehrere elektrische Energiequellen zu verwenden.

3.1.2

Parallelhybridsystem

System zur Übertragung von Leistung von mehreren Antriebsleistungsquellen an die Räder

Anmerkung 1 zum Begriff: Sowohl die Antriebskraft des Verbrennungsmotors als auch die des Motors werden über das Übertragungssystem an die Räder übertragen.

3.1.3

Hybridsystem

Serienhybridsystem

System, das den Motor über den Leistungsstromrichter speist, zum kombinierten Betrieb der elektrischen Leistung aus mehreren Energiequellen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Räder werden ausschließlich von der Antriebskraft des Motors angetrieben.

3.1.4

Hybridfahrzeug

Fahrzeug, das Energie in einem fahrzeugseitigen ESS speichern kann und durch die Verwendung der gespeicherten Energie sowie der elektrischen Leistung aus einem Generator oder Oberleitungen angetrieben wird

3.1.5

Teilsystem

<eines Serienhybridsystems> Bestandteil eines Serienhybridsystems

BEISPIEL Primäre Energiequelle, Energiespeichersystem, Traktionsausrüstung.

3.1.6

Komponente

<eines Serienhybridsystems> Bestandteil eines Teilsystems in einem Serienhybridsystem

BEISPIEL Stromrichter, Motor, Diesel-Elektrogenerator, ESU.

3.1.7

Unterkomponente

<eines Serienhybridsystems> Bestandteil einer Komponente in einem Serienhybridsystem

BEISPIEL Lithium-Ionen-Batterie, elektrischer Doppelschichtkondensator.

3.1.8

Energieverbrauch

Gesamtenergieverbrauch des kompletten Fahrzeugs für einen festgelegten Betrieb (Dauer, Entfernung, Geschwindigkeit usw.)

3.1.9

spezifischer Energieverbrauch

Energieverbrauch für eine bestimmte Entfernung und ein bestimmtes Gewicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Wert wird durch Dividieren des Energieverbrauches durch die Entfernung und das Fahrzeuggewicht oder die Anzahl der Fahrzeuge errechnet. Dieser Wert kann z. B. in kWh/(t·km), kWh/(Fahrzeug·km), kWh/(Personen·km) oder kWh/(Sitzplätze·km) usw. ausgedrückt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Sollte eine fahrzeugseitige Energiequelle, z. B. ein Diesel-Generator-Aggregat oder eine Brennstoffzelle, verwendet werden, darf abhängig vom Kraftstofftyp l/(t·km), l/(Fahrzeug·km), l/(Personen·km) oder l/(Sitzplätze·km) als Einheit verwendet werden.

3.1.10

Energiequelle

Ausrüstung, die über einen Stromrichter Energie an eine Traktionseinheit und/oder APS und/oder ESS liefert

Anmerkung 1 zum Begriff: Stromrichter für die Energieerzeugung (wie z. B. Gleichstromsteller für Brennstoffzellen (FC.CH)) und Stromrichter für Energiespeicher(systeme) (wie z. B. ESS-Gleichstromsteller (ESS.CH)) werden als Energiequellen betrachtet, wohingegen Traktionsumrichter und Stromrichter für APS nicht als Energiequellen betrachtet werden.

3.1.11

primäre Energiequelle

PPS

Teilsystem in einem Serienhybridsystem mit dem Hauptzweck, durch den Verbrauch des auf dem Fahrzeug gespeicherten Kraftstoffes oder durch Aufnahme von Energie von externen Quellen elektrische Energie an andere Teilsysteme in dem Serienhybridsystem zu liefern

3.1.12

Traktionsausrüstung

Teilsystem in einem Serienhybridsystem mit dem Hauptzweck, elektrische Energie zu verbrauchen und Zugkraft abzugeben, so dass das Schienenfahrzeug angetrieben wird

3.1.13

Ladezustand

SOC

verbleibende Kapazität zum Entladen, üblicherweise angegeben als Prozentsatz der vollen, in den relevanten Normen aufgeführten Kapazität

Anmerkung 1 zum Begriff: Die praktischen Definitionen des SOC hängen von den gewählten Technologien ab. SOC gilt für Batterien. Siehe [Anhang A](#).

3.1.14

Energiezustand

SOE

verbleibende Energie zum Entladen, üblicherweise angegeben als Prozentsatz der vollen, in den relevanten Normen aufgeführten Energie

Anmerkung 1 zum Begriff: Die praktischen Definitionen des SOE hängen von den gewählten Technologien ab. SOE gilt sowohl für Batterien als auch für Kondensatoren. Siehe [Anhang A](#).

3.1.15

Lebensende

EOL

Zeitpunkt, an dem der ESU die erforderliche Funktionalität bzw. das erforderliche Lastspiel, die/das ursprünglich zwischen dem Benutzer und den Herstellern vereinbart wurde, nicht mehr erfüllen kann

3.1.16

Anfangszustand

BOL

Zeitpunkt, an dem die Bemessungskapazität oder -energie des ESU vollständig verfügbar ist, und zwar als Mindestleistung bei Lieferung durch den Hersteller

3.1.17 Definition der Kapazität

3.1.17.1

Kapazität

elektrische Ladung, die von dem ESU abgegeben werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Batterien wird die elektrische Ladung oft in Amperestunden (A·h) angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für Kondensatoren wird die elektrische Ladung oft in Columb (C) angegeben.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Kapazität wird in Farad (F) gemessen, wobei sie die Ladung (C) dividiert durch die Spannung (U) ist und sich von der Kapazität unterscheidet.

3.1.17.2

theoretische Kapazität

maximale, ohne Verluste verfügbare Kapazität

3.1.17.3

Bemessungskapazität

verfügbare Kapazität gemessen nach einer bestimmten, in der relevanten Norm aufgeführten „Bemessungs“-Bedingung

Anmerkung 1 zum Begriff: Bezieht sich auf IEC 62928.

3.1.17.4

verwendbare Kapazität

zur Entladung verfügbare Kapazität abhängig von den Anwendungen

3.1.18 Definition der Energie

3.1.18.1

theoretische Energie

in dem ESU gespeicherte maximale, ohne Verluste verfügbare Energie

3.1.18.2

Nennenergie

verfügbare Energie gemessen nach einer bestimmten, in der relevanten Norm aufgeführten „Nenn“-Bedingung

Anmerkung 1 zum Begriff: Praktische Definitionen der Nennenergiespeicherkapazität hängen von den gewählten Technologien ab.

3.1.18.3

nutzbare Energie

verfügbare zu entladende Energie abhängig von den Anwendungen

3.1.19

Lastspiel

Definition des Benutzers und/oder der Hersteller, um die betrieblichen Anforderungen, einschließlich Hilfsbetriebe, zu erfüllen, z. B. Betriebszyklus, Hilfsbetriebebelasten, Sicherheitsspielraum des Energieinhalts, eingeschränkter Betriebszustand usw.

3.1.20

Energiespeicher

ESU

physische Ausrüstung, die aus Energiespeichertechnik wie z. B. Batterien, EDLC, Schwungrad usw. besteht

Anmerkung 1 zum Begriff: Bezieht sich auf relevante Normen für Komponenten.

3.1.21

Batterie

der in dieser Norm vorrangig zu Traktionszwecken verwendete ESU

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Dokument umfasst nicht Bordnetz-Batterien. Siehe hierfür IEC 62973.

3.1.22

Energiespeichersystem

ESS

physisches System, das aus einem oder mehreren ESUs sowie weiterer, für den Anschluss an den Gleichstromzwischenkreis erforderlicher Ausrüstung besteht, wie z. B. Stromrichter, Steuerungs- und Überwachungssysteme, Drosselpulen, Schutzsysteme, Kühlanlagen usw.

3.2 Abkürzungen

APS	Bordnetzversorgung (en: auxiliary power supply)
AUX	Hilfsbetriebe (en: auxiliaries)
BOL	Anfangszustand (en: beginning of life)
EDLC	elektrischer Doppelschichtkondensator (en: electric double-layer capacitor)
EOL	Lebensende (en: end of life)
ESU	Energiespeicher (en: energy storage unit)
ESS	Energiespeichersystem (en: energy storage system)
PPS	primäre Energiequelle (en: primary power source)
SOC	Ladezustand (en: state of charge)
SOE	Energiezustand (en: state of energy)

4 Konfiguration der Energiequellen von Hybridsystemen

4.1 Allgemeines

4.1.1 Überblick

Dieser Teil der IEC 62864 kann auf eine Vielfalt von Systemkonfigurationen von Serienhybridsystemen angewendet werden. Im Abschnitt 4 erfolgt eine Übersicht über mögliche Konfigurationen in der Form einiger Beispiele. Mit diesen Beispielen ist jedoch nicht beabsichtigt, der endgültigen Systemarchitektur Zwänge aufzuerlegen.

4.1.2 Anforderungen an die Systemkonfiguration

Wie im [Abschnitt 1](#) beschrieben, besteht ein Serienhybridsystem aus mindestens zwei Energiequellen, einschließlich eines ESS, sowie einer Traktionsausrüstung, die als primärer Leistungsverbraucher dient. Das System darf einen zweiten Leistungsverbraucher wie z. B. einen Bremswiderstand haben, falls die Energiequellen, die von der Traktionsausrüstung während der regenerativen Bremsung erzeugte Leistung nicht oder nicht vollständig aufnehmen können. Diese Teilsysteme sind elektrisch zu verbinden, um den Leistungsaustausch untereinander zu ermöglichen. Zusätzlich zu diesen Hauptstromkreis-Teilsystemen darf das Serienhybridsystem auch eine oder mehrere Bordnetzversorgungen (APS) aufweisen. Die Verbindung zwischen der APS und den übrigen Teilsystemen in dem Serienhybridsystem darf entweder elektrisch, nicht-elektrisch oder sogar nicht vorhanden sein, d. h. die APS ist unabhängig von den Hauptstromkreis-Teilsystemen. Sollten sie verbunden sein, müssen die Hilfsbetrieblasten aufgrund ihrer erheblichen Auswirkung auf den Energieverbrauch berücksichtigt werden.

[Bild 2](#) zeigt ein beispielhaftes Blockschaltbild eines Serienhybridsystems mit fünf Hauptteilsystemen, d. h. einer primären Energiequelle (PPS), einem ESS, einer Traktionsausrüstung, einer APS und ihren Lasten sowie einem Bremswiderstand als einem sekundären Leistungsverbraucher. In [Bild 2](#) überträgt der Zwischenkreis Leistung zwischen diesen Hauptteilsystemen durch sich selbst.

Wie in [Bild 2](#) dargestellt, umfassen die möglichen Konfigurationen der PPS unter anderem:

- die Kombination eines Dieselmotors mit einem Generator und einem elektrischen Leistungsstromrichter;
- die Kombination von Brennstoffzellen und einem elektrischen Leistungsstromrichter;
- Gleichstrom-Fahrleitungen; oder
- die Kombination von Wechselstrom-Fahrleitungen und einem elektrischen Leistungsstromrichter.

Wie in [Bild 2](#) dargestellt, umfassen die möglichen Speichertechnologien für das ESS unter anderem:

- Lithium-Ionen-Batterien;
- Nickel-Metallhydrid-Batterien;
- elektrischer Doppelschichtkondensator (EDLC); oder
- Schwungräder.

Wie in [Bild 2](#) dargestellt, umfassen die möglichen Konfigurationen der Traktionsausrüstung unter anderem:

- Vierquadrantensteller und Gleichstrom-Fahrmotoren;
- Spannungszwischenkreis-Wechselrichter und Wechselstrom-Asynchronfahrmotoren; oder
- Spannungszwischenkreis-Wechselrichter und Wechselstrom-Permanentmagnet-Synchronfahrmotoren.

ANMERKUNG Das Wort „Leistungsverbraucher“ wird im Abschnitt 4 verwendet, um im [Bild 2](#) die Teilsysteme zu kennzeichnen, die Leistung aus dem Zwischenkreis erhalten. Im Allgemeinen werden diese Teilsysteme nicht zwangsläufig als Leistungsverbraucher betrachtet. Beispielsweise erzeugt die Traktionsausrüstung Zugkraft, die das Schienenfahrzeug physikalisch beschleunigt; daher wird sie manchmal als die Energiequelle für dieses Fahrzeug betrachtet.