

	DIN EN 62817 (VDE 0126-61)	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 27.160 Ersatz für DIN EN 62817 (VDE 0126-61):2015-11 Siehe Anwendungsbeginn Photovoltaische Systeme – Bauarteignung für Sonnen-Nachführeinrichtungen (IEC 62817:2014 + A1:2017); Deutsche Fassung EN 62817:2015 + A1:2017 Photovoltaic systems – Design qualification of solar trackers (IEC 62817:2014 + A1:2017); German version EN 62817:2015 + A1:2017 Systèmes photovoltaïques – Qualification de conception des suiveurs solaires (IEC 62817:2014 + A1:2017); Version allemande EN 62817:2015 + A1:2017 Gesamtumfang 71 Seiten DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE		

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2014-09-29 angenommene Europäische Norm und die am 2017-09-01 angenommene Änderung A1 als DIN-Norm ist 2018-09-01.

Für **DIN EN 62817 (VDE 0126-61):2015-11** besteht eine Übergangsfrist bis 2020-09-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62817/A1 (VDE 0126-61/A1):2016-06.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 373 „Photovoltaische Solarenergie-Systeme“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“ erarbeitet.

Die Änderung A1 wurde in den Text eingearbeitet und durch eine senkrechte Linie am linken Seitenrand gekennzeichnet.

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.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN 62817 (VDE 0126-61):2015-11** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) In 7.3.3, 8.4.4 und 8.5 wurden Ergänzungen bzw. Änderungen vorgenommen;
- b) redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN EN 62817 (VDE 0126-61): 2015-11

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

Europäisches Dokument	Internationales Dokument	Deutsches Dokument	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
EN 60068-2-6	IEC 60068-2-6	DIN EN 60068-2-6 (VDE 0468-2-6)	VDE 0468-2-6
EN 60068-2-21	IEC 60068-2-21	DIN EN 60068-2-21	–
EN 60068-2-27	IEC 60068-2-27	DIN EN 60068-2-27 (VDE 0468-2-27)	VDE 0468-2-27
EN 60068-2-75	IEC 60068-2-75	DIN EN 60068-2-75 (VDE 0468-2-75)	VDE 0468-2-75
EN 60529	IEC 60529	DIN EN 60529 (VDE 0470-1)	VDE 0470-1
EN 60904-3:2008	IEC 60904-3:2008 <i>ersetzt durch:</i>	DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3):2009-02	VDE 0126-4-3
EN 60904-3:2016	IEC 60904-3:2016	DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3):2017-05	VDE 0126-4-3
EN 61000-4-5:2006 <i>ersetzt durch:</i>	IEC 61000-4-5:2005 <i>ersetzt durch:</i>	DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2007-06 <i>ersetzt durch:</i>	VDE 0847-4-5
EN 61000-4-5:2014	IEC 61000-4-5:2014	DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2015-03	VDE 0847-4-5
Identisch mit EN 50102:1995	IEC 62262:2002	Identisch mit DIN EN 50102 (VDE 0470-100):1997-09	VDE 0470-100
EN ISO/IEC 17025	ISO/IEC 17025	DIN EN ISO/IEC 17025	–
–	ISO 12103-1	–	–

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 50102 (VDE 0470-100):1997-09, Schutzarten durch Gehäuse für elektrische Betriebsmittel (Ausrüstung) gegen äußere mechanische Beanspruchungen (IK-Code); Deutsche Fassung EN 50102:1995; Hinweis: identisch mit IEC 62262:2002

DIN EN 60068-2-6 (VDE 0468-2-6), Umgebungseinflüsse – Teil 2-6: Prüfverfahren – Prüfung Fc: Schwingen (sinusförmig)

DIN EN 60068-2-21, Umweltprüfungen – Teil 2-21: Prüfungen – Prüfung U: Widerstandsfähigkeit der Anschlüsse und integrierter Befestigungsmittel

DIN EN 60068-2-27 (VDE 0468-2-27), Umgebungseinflüsse – Teil 2-27: Prüfverfahren – Prüfung Ea und Leitfaden: Schocken (IEC 60068-2-27:2008); Deutsche Fassung EN 60068-2-27

DIN EN 60068-2-75 (VDE 0468-2-75), Umgebungseinflüsse – Teil 2: Prüfungen – Prüfung Eh: Hammerprüfungen

DIN EN 62817 (VDE 0126-61):2018-09

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

DIN EN 60904-3 (VDE 0126-4-3):2017-05, Photovoltaische Einrichtungen – Teil 3: Messgrundsätze für terrestrische photovoltaische (PV) Einrichtungen mit Angaben über die spektrale Strahlungsverteilung (IEC 60904-3:2016); Deutsche Fassung EN 60904-3:2016, mit CD-ROM

DIN EN 61000-4-5 (VDE 0847-4-5):2015-03, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-5: Prüf- und Messverfahren – Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen (IEC 61000-4-5:2014); Deutsche Fassung EN 61000-4-5:2014

DIN EN ISO/IEC 17025, Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

**Photovoltaische Systeme –
Bauarteignung für Sonnen-Nachführeinrichtungen**
(IEC 62817:2014 + A1:2017)

Photovoltaic systems –
Design qualification of solar trackers
(IEC 62817:2014 + A1:2017)

Systèmes photovoltaïques –
Qualification de conception des suiveurs
solaires
(IEC 62817:2014 + A1:2017)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2014-09-29 und die A1 am 2017-09-01 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, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

© 2017 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62817:2015 + A1:2017 D

Vorwort

Der Text des Dokuments 82/853/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62817, erarbeitet vom IEC/TC 82 „Photovoltaische Solarenergie-Systeme“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62817:2015 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): 2015-09-13
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2017-09-29

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62817:2014 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Europäisches Vorwort zur Änderung A1

Der Text des Dokuments 82/1018/CDV, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62817:2015/A1:2017^{N1)}, erarbeitet vom IEC/TC 82 „Solar photovoltaic energy systems“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62817:2015/A1:2017 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): 2018-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2020-09-01

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz zur Änderung A1

Der Text der Internationalen Norm IEC 62817:2015/A1:2017 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

^{N1)} Nationale Fußnote: Fehler in EN 62817:2015/A1:2017, korrekt ist IEC 62817:2014/A1:2017.

Inhalt

Seite

Vorwort	2
Europäisches Vorwort zur Änderung A1	2
1 Anwendungsbereich.....	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Spezifikationen für PV-Anwendungen mit Sonnen-Nachführeinrichtungen	9
5 Bericht	12
6 Begriffe und Klassifikation für Nachführeinrichtungen	13
6.1 Allgemeines.....	13
6.2 Tragkonstruktionsarten	13
6.2.1 Nachführeinrichtungen für Standard-Photovoltaik-(PV-)Module.....	13
6.2.2 Nachführeinrichtungen für Konzentrator-Photovoltaik-(CPV-)Module	14
6.3 Rotationsachsen	14
6.3.1 Allgemeines.....	14
6.3.2 Einachsige Nachführungen	14
6.3.3 Zweiachsige Nachführungen	16
6.4 Antrieb und Steuerung	18
6.4.1 Architektur	18
6.4.2 Antriebssystem.....	18
6.4.3 Antriebsarten.....	19
6.4.4 Drehmoment des Antriebssystems	19
6.5 Arten der Steuerung für Nachführeinrichtungen	20
6.5.1 Passive Steuerung	20
6.5.2 Aktive Steuerung	20
6.5.3 Rückausrichtung	20
6.6 Konstruktionsmerkmale.....	21
6.6.1 Vertikale Träger.....	21
6.6.2 Fundamentarten	21
6.6.3 Positionierungen der Nachführeinrichtung.....	22
6.6.4 Dauer bis zur Einnahme der Schutzposition.....	22
6.7 Energieverbrauch	22
6.7.1 Täglicher Energieverbrauch	22
6.7.2 Energieverbrauch für die Schutzposition	23
6.8 Äußere Bestandteile und Verbindungselemente	23
6.8.1 Unterbau	23
6.8.2 Verbindungselement zum Unterbau	23
6.8.3 Traglast	23
6.8.4 Verbindungselement der Traglast.....	23

6.8.5	Mechanisches Verbindungselement der Traglast.....	23
6.8.6	Elektrisches Verbindungselement der Traglast.....	23
6.8.7	Erdungsverbindung	24
6.8.8	Montageaufwand.....	24
6.8.9	Schnittstelle für die Steuerung	24
6.9	Interne Abweichungen.....	24
6.9.1	Hauptachsenabweichung	24
6.9.2	Nebenachsenabweichung	25
6.9.3	Mechanisches Spiel	25
6.9.4	Steifigkeit.....	25
6.10	Bestandteile des Nachführsystems	25
6.10.1	Mechanischer Aufbau.....	25
6.10.2	Steuerschaltung der Nachführeinrichtung	26
6.10.3	Sensoren	26
6.11	Begriffe zur Zuverlässigkeit	26
6.11.1	Allgemeines	26
6.11.2	Mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (MTBF) (en: mean time between failures)	26
6.11.3	Mittlere Betriebsdauer zwischen kritischen Ausfällen (MTBCF) (en: mean time between critical failures).....	27
6.11.4	Mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung (MTTR) (en: mean time to repair).....	27
6.12	Umweltbedingungen.....	27
6.12.1	Betriebstemperaturbereich	27
6.12.2	Temperaturbereich, bis zu dem die Funktionsfähigkeit sichergestellt ist.....	27
6.12.3	Windgeschwindigkeit.....	27
6.12.4	Höchstzulässige Windstärke während des Betriebes	28
6.12.5	Höchstzulässige Windstärke in der Schutzposition.....	28
6.12.6	Schneelast.....	28
7	Kennwerte der Genauigkeit der Nachführeinrichtung	28
7.1	Übersicht	28
7.2	Ausrichtungsfehler (unmittelbar)	29
7.3	Messung	29
7.3.1	Übersicht	29
7.3.2	Beispiel eines experimentellen Verfahrens zur Messung des Ausrichtungsfehlers.....	29
7.3.3	Kalibrierung des Messinstruments für Ausrichtungsfehler.....	30
7.4	Berechnung der Genauigkeit der Nachführeinrichtung	32
7.4.1	Übersicht	32
7.4.2	Zusammenstellen der Daten	32
7.4.3	Einteilung der Daten nach Windstärke	33
7.4.4	Datenfilterung	34

7.4.5	Datenmenge.....	34
7.4.6	Genauigkeitsberechnung	34
8	Prüfverfahren für die Nachführeinrichtung	35
8.1	Sichtprüfung	35
8.1.1	Zweck	35
8.1.2	Verfahren	35
8.1.3	Anforderungen	36
8.2	Funktionale Validierungsprüfungen.....	36
8.2.1	Zweck	36
8.2.2	Verifizierung der Grenzen des Nachführbereichs.....	36
8.2.3	Betrieb mit Anschlagschalter	36
8.2.4	Automatische Nachverfolgung der Sonne nach Stromausfall und Verschattung des Rückmeldungssensors.....	36
8.2.5	Manueller Betrieb	37
8.2.6	Notausschaltung	37
8.2.7	Wartungsmodus	37
8.2.8	Betriebstemperaturbereich.....	37
8.2.9	Schutzposition bei Wind.....	37
8.3	Leistungsprüfungen.....	38
8.3.1	Zweck	38
8.3.2	Täglicher Energieverbrauch und Spitzenwert des Stromverbrauchs	38
8.3.3	Dauer bis zur Einnahme der Schutzposition und der damit verbundene Energie- und Stromverbrauch.....	38
8.4	Mechanische Prüfungen	39
8.4.1	Zweck.....	39
8.4.2	Prüfung der Wiederholpräzision der Steuerungs- und Antriebsausrichtung.....	39
8.4.3	Prüfung der Abweichung unter statischer Belastung	40
8.4.4	Prüfung der Drehsteifigkeit, der mechanischen Drift, des Antriebsmoments und des mechanischen Spiels	43
8.4.5	Prüfung des Drehmoments unter extremer Windbeanspruchung	47
8.5	Umweltprüfung	48
8.5.1	Zweck	48
8.5.2	Durchführung	48
8.5.3	Anforderungen	51
8.6	Beschleunigte mechanische Zyklen.....	51
8.6.1	Zweck.....	51
8.6.2	Durchführung	51
8.6.3	Anforderungen	54
9	Prüfung der Bauarteignung für elektronische Anlagenteile von Nachführeinrichtungen	54
9.1	Allgemeiner Zweck	54

9.2	Prüffolge für elektronische Baugruppen	55
9.2.1	Allgemeines	55
9.2.2	Sichtprüfung von elektronischen Baugruppen	55
9.2.3	Funktionsprüfung.....	56
9.2.4	Schutz gegen Staub, Wasser und Fremdkörper (IP-Code)	57
9.2.5	Schutz gegen mechanische Krafteinwirkung (IK-Code).....	58
9.2.6	Beanspruchungsprüfung von Anschlüssen.....	58
9.2.7	Prüfung der Störfestigkeit gegen Stoßspannungen	59
9.2.8	Transport-Schwingungsprüfung	60
9.2.9	Schockprüfung.....	60
9.2.10	UV-Prüfung.....	61
9.2.11	Temperaturwechselprüfung.....	61
9.2.12	Luftfeuchte-Frost-Prüfung	62
9.2.13	Feuchte Wärme	64
10	Zusätzliche freigestellte Genauigkeitsberechnungen.....	64
10.1	Typischer Bereich der Nachführgenauigkeit	64
10.2	Histogramm der Nachführfehler	64
10.3	Prozentual verfügbare Bestrahlungsstärke als Funktion des Ausrichtungsfehlers	65
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen		67
Bilder		
Bild 1	– Festlegung für den Elevationswinkel	17
Bild 2	– Darstellung der Hauptachsenabweichung für VPDAT	25
Bild 3	– Allgemeine Darstellung des Ausrichtungsfehlers	29
Bild 4	– Beispiel eines experimentellen Verfahrens zur Messung des Ausrichtungsfehlers	30
Bild 5	– Beispiel für Messpunkte der konstruktionsbedingten Abweichung	41
Bild 6	– Lastanordnungen bei Traglast in horizontaler Position	42
Bild 7	– Lastanordnung bei Traglast in vertikaler Position.....	42
Bild 8	– Drehmomentlast an einer Elevationsachse	44
Bild 9	– Winkelverschiebung abhängig vom auf die Rotationsachse einwirkenden Drehmoment.....	44
Bild 10	– Beispiele für die spezifische Länge für a) Elevationsdrehmoment und b) Azimutdrehmoment	46
Bild 11	– Zwei Konfigurationen bei extremer Windbeanspruchung.....	47
Bild 12	– Darstellung eines spezifischen Bewegungsprofils einer Nachführeinrichtung	52
Bild 13	– Darstellung eines beschleunigten spezifischen Bewegungsprofils zu Prüfzwecken.....	53
Bild 14	– Prüffolge für elektronische Baugruppen	55
Bild 15	– Thermische Zyklusprüfung einer elektronischen Baugruppe	62
Bild 16	– Luftfeuchte-Frost-Prüfung einer elektronischen Baugruppe.....	63
Bild 17	– Verteilung der Häufigkeit der Ausrichtungsfehler im gesamten Prüfzeitraum.....	65
Bild 18	– Verfügbare Strahlung als Funktion des Ausrichtungsfehlers	65

Bild 19 – Verfügbare Strahlung als Funktion des Ausrichtungsfehlers und Einteilung nach
Windgeschwindigkeit.....66

Tabellen

Tabelle 1 – Spezifikationsvorlage für Nachführeinrichtungen (1 von 3).....10

Tabelle 2 – Alternative Vorlage zur Ausweisung der Nachführgeschwindigkeit 35

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm für die Bauarteignung gilt für Sonnen-Nachführeinrichtungen für photovoltaische Systeme, lässt sich jedoch auch auf andere Solaranwendungen übertragen. In der Norm werden Prüfverfahren für die Schlüsselkomponenten und für die gesamte Nachführeinrichtung festgelegt. In einigen Fällen werden in den Prüfverfahren Methoden zur Messung und/oder Ermittlung von Parametern beschrieben, die im vorgegebenen Spezifikationsblatt für die Nachführeinrichtung angegeben werden. Anderenfalls ergeben sich aus dem Prüfverfahren Kriterien für das Bestehen bzw. Nichtbestehen.

Diese Norm für die Bauarteignung verfolgt zweierlei Ziele.

Zum Ersten soll das vorliegende Dokument dem Benutzer dieser Nachführeinrichtung gewährleisten, dass die im Spezifikationsblatt angegebenen Parameter anhand von branchenweit anerkannten und übereinstimmenden Verfahren gemessen wurden. Damit können Kunden beim Kauf eine fundierte Entscheidung zugunsten einer Nachführeinrichtung treffen, die den spezifischen Anforderungen des Kunden entspricht. Diese Spezifikation enthält Festlegungen und Parameter, die branchenweit für Sonnen-Nachführeinrichtungen gelten. Die Konstruktion, der Bau und die Festlegung der Funktionalität und Genauigkeit können von jedem Lieferanten nach einheitlichen Bestimmungen vorgenommen werden. Die übereinstimmend festgelegten Anforderungen ermöglichen beim Kauf den Vergleich der Produkte unterschiedlicher Lieferanten und die Überprüfung der Qualität.

Zum Zweiten sind die Verfahren mit Kriterien für das Bestehen/Nichtbestehen so konzipiert, dass Konstruktionen von Nachführeinrichtungen mit hoher Ausfallwahrscheinlichkeit von denen mit einer soliden und für die Anwendung nach Herstellerangaben geeigneten Konstruktion unterschieden werden können. Mit den in dieser Norm beschriebenen mechanischen und umweltspezifischen Prüfungen soll das Betriebsverhalten der Nachführeinrichtung unter sich ändernden Betriebsbedingungen sowie unter extremen Bedingungen ermittelt werden. Mit mechanischen Prüfungen werden keine Entwürfe für Konstruktion und Unterbau zertifiziert, da derartige Zertifizierungen von den jeweils geltenden Gesetzen, Bodenarten und anderen örtlichen Anforderungen abhängig sind.

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 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 60068-2-27, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

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

IEC 60904-3:2008, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 12103-1, *Road vehicles – Test dust for filter evaluation – Part 1: Arizona test dust*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe. Zu weiteren spezifischen Begriffen für Nachführeinrichtungen siehe [Abschnitt 6](#).

3.1

Photovoltaik

PV

Technik zur unmittelbaren Erzeugung von elektrischer Energie aus Sonnenstrahlung

3.2

Konzentrator-Photovoltaik

CPV

Technik zur Erzeugung von elektrischer Energie, bei der das Sonnenlicht auf photovoltaischen Einrichtungen gebündelt wird. Die Verfahrenstechniken, das Sonnenlicht zu verstärken, können unterschiedlich sein, wie beispielsweise reflektive oder refraktive Optik, Reflektorschalen, Through-Zellen, Linsen oder anderen Anordnungen.

3.3

Konzentratormodul

CPV-Modul

Gruppe aus Empfängern (PV-Zellen in befestigter Anordnung), optischen und anderen zugehörigen Bauteilen, wie z. B. solchen für die Schaltverbindungen oder mechanische Gehäuse, die in modularer Bauweise zusammengesetzt ist. Üblicherweise wird das Modul im Werk vorgefertigt und zum Einsatzort transportiert und dort zusammen mit weiteren Modulen auf einer Sonnen-Nachführeinrichtung installiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise wird das Modul im Werk vorgefertigt und zum Einsatzort transportiert und dort zusammen mit weiteren Modulen auf einer Sonnen-Nachführeinrichtung installiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Brennpunkt eines CPV-Moduls lässt sich üblicherweise nicht am Einsatzort einstellen. Ein Modul kann ferner aus mehreren Teilmodulen bestehen. Ein Teilmodul ist ein kleineres modulares Teil des gesamten Moduls, das entweder im Werk oder am Einsatzort zu einem vollständigen Modul zusammengefügt werden kann.

3.4

Konzentratoranordnung

eine Konzentratoranordnung besteht aus Empfängern, optischen und sonstigen zugehörigen Komponenten, die üblicherweise vor Ort zusammengebaut werden und deren Brennpunkt vor Ort eingestellt wird

BEISPIEL: Ein System, das eine große einzelne Reflektorschale und eine Empfängereinheit vereint, welches in Bezug auf den mit dem Brennpunkt der Platte ausgerichtet wird.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff dient der Unterscheidung bestimmter CPV-Konstruktionen von den zuvor erwähnten CPV-Modulen.

4 Spezifikationen für PV-Anwendungen mit Sonnen-Nachführeinrichtungen

Der Hersteller muss dem Prüflaboratorium als Teil seiner Produktkennzeichnung und -dokumentation eine Tabelle in der nachfolgenden Form (siehe [Tabelle 1](#)) bereitstellen. Die dritte Spalte der [Tabelle 1](#) dient in Bezug auf das vorliegende Dokument informativen Zwecken und ist nicht als Teil der Spezifikationsvorlage vorgesehen, die dem Prüflaboratorium bereitzustellen ist. Genauere Ausführungen zu den einzelnen Spezifikationen werden in den nachstehenden Abschnitten/Unterabschnitten dieses Dokuments behandelt.

Einige der Spezifikationen in [Tabelle 1](#) müssen vom Hersteller bereitgestellt und vom Prüflabor verifiziert werden, wogegen andere der alleinigen Verantwortung des Prüflabors unterliegen. Weitere Spezifikationen in [Tabelle 1](#) sind freigestellt; wenn freigestellte Informationen von einem Hersteller einer Nachführeinrichtung aufgenommen werden, müssen diese in der in [Tabelle 1](#) (und gegebenenfalls entsprechend nachfolgenden Beschreibungen in diesem Dokument) gezeigten Weise gemessen und ausgewiesen werden. In der dritten Spalte der [Tabelle 1](#) wird die Verantwortlichkeit für die Spezifikation oder der optionale Status angegeben („T“ für Prüflabor, „M“ für Hersteller und „O“ für optionaler Parameter).

Tabelle 1 – Spezifikationsvorlage für Nachführeinrichtungen (1 von 3)

Kennzeichnung	Beispiel	Verantwortlichkeit/Abschnitt/ Unterabschnitt
Hersteller	Firma XYZ	(M)
Modellnummer	XX 1090	(M)
Ausführung der Nachführeinrichtung	CPV-Nachführeinrichtung, zweiachsige Ausführung	(M) 6.2, 6.3
Kennwerte für die Traglast		
Kleinste/größte unterstützte Masse	100 kg/1 025 kg	(M) 6.8.3
Traglasteinschränkungen des Masseschwerpunktes	0 m bis 0,3 m Abstand rechtwinklig zur Montagefläche	(M) 6.8.3
Maximale Oberfläche der Traglast	30 m ²	(M) 6.8.3
Nominale Oberfläche der Traglast	28 m ²	(M)
Größtes zulässiges dynamisches Drehmoment bei der Bewegung	Azimet (Θ_z): 10 kNm Θ_x, Θ_y : 5 kNm [Es müssen grafische Darstellungen zur Verfügung stehen, um die Drehmomente und die Achsen, auf die sie sich beziehen, zu verdeutlichen.]	(M) 8.4.5
Größtes zulässiges statisches Drehmoment in der Schutzposition	[Es müssen grafische Darstellungen zur Verfügung stehen.]	(M) 8.4.4, 8.4.5
Montagekennwerte		
Zulässiger Unterbau	Stahlbeton	(M) 6.6.2
Fundamenttoleranz bezüglich der Hauptachse	$\pm 0,5^\circ$	(O) 6.9
Fundamenttoleranz bezüglich der Nebenachse	$\pm 0,5^\circ$	(O) 6.9
Montageaufwand	5 Arbeitsstunden, 40-t-Kran	(O) 6.8.8
Flexibilität des Verbindungselements der Traglast	Das Verbindungselement kann für die Montage von Modulen von Herstellern „A“, „B“ und „C“ konfiguriert werden. Die Verschraubungskonfigurationen „X“, „Y“ und „Z“ sind zulässig.	
Elektrische Kennwerte		
Reservestrom vorhanden?	Nein	(M) N/A
Täglicher Energieverbrauch	1,5 kWh	(T) 6.7.1
Energieverbrauch in der Schutzposition	1 kWh	(T) 6.7.2
Anforderungen an die Einspeisung	100 V bis 240 V Wechselspannung, 50 Hz bis 60 Hz, 5 A	(M) Keine Spezifikationen
Effektive (und Schein-)Leistungsaufnahme während der Nachführung	500 W (550 VA)	(T) 8.3.2
Effektive (und Schein-)Leistungsaufnahme ohne Nachführung	50 W (55 VA)	(T) 8.3.2
Effektive (und Schein-)Leistungsaufnahme in der Schutzposition	1 000 W (1 100 VA)	(T) 8.3.3

Tabelle 1 – Spezifikationsvorlage für Nachführeinrichtungen (2 von 3)

Kennzeichnung	Beispiel	Verantwortlichkeit/Abschnitt/ Unterabschnitt
Genauigkeit der Nachführung		
Genauigkeit, typisch (schwacher Wind, geringste Abweichung)	0,1°	(T) 7.4.6
Genauigkeit, typisch (schwacher Wind, größte Abweichung)	0,3°	(T) 7.4.6
Genauigkeit, 95. Perzentil (schwacher Wind, geringste Abweichung)	0,5°	(T) 7.4.6
Genauigkeit, 95. Perzentil (schwacher Wind, größte Abweichung)	0,8°	(T) 7.4.6
Durchschnittliche Windgeschwindigkeit unter Prüfbedingungen mit „schwachem Wind“	3,1 m/s	(T) 7.4.6
Genauigkeit, typisch (starker Wind, geringste Abweichung)	0,7°	(T) 7.4.6
Genauigkeit, typisch (starker Wind, größte Abweichung)	1,0°	(T) 7.4.6
Genauigkeit, 95. Perzentil (starker Wind, geringste Abweichung)	1,1°	(T) 7.4.6
Genauigkeit, 95. Perzentil (schwacher Wind, größte Abweichung)	1,6°	(T) 7.4.6
Durchschnittliche Windgeschwindigkeit unter Prüfbedingungen mit „starkem Wind“	5,2 m/s	(T) 7.4.6
Gewicht und Fläche der für die Prüfung angelegten Traglast	Traglast von 500 kg, gleichmäßig auf eine Fläche von 50 m ² verteilt	(T) 7.4.2.1
Für die Prüfung eingesetzter Masseschwerpunkt der Traglast	Masseschwerpunkt der Traglast 0,2 m über der Montagefläche	(T) 7.4.2.1
Kennwerte der Steuerung		
Steuerungsalgorithmus	Hybrid	(M) 6.5
Steuerschnittstelle	Keine	(M) 6.8.9
Externe Kommunikationsschnittstelle	Ethernet/TCP-IP	Keine spezifische Beschreibung
Schutzposition für Gefahren vorgesehen?	Ja, bei Windgeschwindigkeiten von 14 m/s	(M) 6.6.3.1
Dauer bis zur Einnahme der Schutzposition	4 min	(M) 6.6.4
Genauigkeit der Uhr	1 s/Jahr	(M) N/A
Anschlagschalter	Nicht enthalten	(M) 7.2.3

Tabelle 1 – Spezifikationsvorlage für Nachführeinrichtungen (3 von 3)

Kennzeichnung	Beispiel	Verantwortlichkeit/Abschnitt/ Unterabschnitt
Mechanische Konstruktion		
Art der Antriebssteuerung	Getrennt	(M) 6.4.1
Antriebsart	Elektrisch	(M) 6.4.3
Stellglieder	Gleichstrommotor, 185 W	(M) keine spezielle Beschreibung
Bewegungsumfang, Hauptachse	Azimutwinkel $\pm 160^\circ$	(M) 6.6.3.3
Bewegungsumfang, Nebenachse	Elevationswinkel 10° bis 90°	(M) 6.6.3.3
Systemsteifigkeit	Angaben zu den Messpunkten, der angelegten Belastung und der gemessenen Ablenkung sind dem Bericht des Prüflabors zu entnehmen.	(T), (O) 6.9.4, 8.4.3
Torsionssteifigkeit des Antriebssystems	Siehe Grafik zu Winkelverschiebung im Verhältnis zur angewandten Drehkraft	(T) 8.4.4, Bild 9
Mechanisches Spiel	Höchstens $0,1^\circ$	(T) 6.9.3, 8.4.4
Umweltbedingungen		
Höchste zulässige Windgeschwindigkeit während der Nachführung	14 m/s	(M) 6.12.4
Höchste zulässige Windgeschwindigkeit in der Schutzposition	40 m/s	(M) 6.12.5
Betriebstemperaturbereich	-20°C bis $+50^\circ\text{C}$	(M) 6.12.1
Temperaturbereich, bis zu dem die Funktionsfähigkeit gewährleistet ist	-40°C bis $+60^\circ\text{C}$	(M) 6.12.2
Schneebelastbarkeit	Bis zu 20 kg/m^2 Schneelast sind zulässig.	(M) 6.12.6
Wartung und Zuverlässigkeit		
Wartungsplan	Schmierung alle 12 Monate (0,75 Arbeitsstunden) Öl-/Kühlmittelwechsel im Antriebssystem alle 3 Jahre (1,25 Arbeitsstunden)	(O)
MTBF	3,5 Jahre	(O) 6.11.2
MTTR	2 h (Azimut- oder Elevationsmotor) (Komponenten angeben, die innerhalb von 10 Jahren reparaturbedürftig werden oder ersetzt werden müssen)	(O) 6.11.4

Für eine alternative Vorlage zur Darstellung der Genauigkeitsspezifikationen siehe [Tabelle 2](#).

5 Bericht

Die Prüfstelle muss einen zertifizierten Bericht der Qualifizierungsprüfungen nach ISO/IEC 17025 mit gemessenen Leistungsmerkmalen und den Details aller Ausfälle und wiederholten Prüfungen vorbereiten. Darin muss ein Spezifikationsblatt nach [Tabelle 1](#) enthalten sein. Folgende Informationen müssen in allen Zertifikaten und Prüfberichten mindestens enthalten sein:

- Titel;
- Namen und Anschrift des Prüflabors und des Standorts, an dem die Prüfungen durchgeführt wurden;

- c) eindeutige Kennzeichnung der Zertifizierung oder des Berichts sowie der einzelnen Seiten;
- d) Name und Anschrift des Kunden, soweit zutreffend;
- e) Beschreibung und Kennzeichnung des geprüften Elements;
- f) Merkmale und Zustand des geprüften Elements;
- g) Eingangsdatum des geprüften Elements und Prüfdatum, soweit zutreffend;
- h) Bezeichnung des angewendeten Prüfverfahrens;
- i) Referenz auf das Stichprobenverfahren, wo zutreffend;
- j) jegliche Abweichungen, Ausschlüsse vom Prüfverfahren sowie dazugehörige Ergänzungen und sonstige für eine spezielle Prüfung relevante Informationen;
- k) Messungen, Überprüfungen und abgeleitete Ergebnisse, die durch Tabellen, Grafiken, Zeichnungen und Fotos (soweit zutreffend) gestützt werden, sowie beobachtete Ausfälle;
- l) Erklärung bezüglich der geschätzten Messabweichungen der Prüfergebnisse (sofern zutreffend);
- m) Unterschrift und Titel oder gleichwertige Bezeichnung der Person(en), die für den Inhalt des Zertifikats oder des Berichts verantwortlich zeichnen, sowie Ausstellungsdatum;
- n) sofern zutreffend, Erklärung darüber, dass sich die Ergebnisse ausschließlich auf das geprüfte Element beziehen;
- o) Hinweis darauf, dass weder das Zertifikat noch der Bericht in Auszügen oder vollständig ohne die schriftliche Genehmigung des Labors reproduziert werden dürfen.

Eine Kopie dieses Berichts verbleibt zu Referenzzwecken beim Hersteller.

6 Begriffe und Klassifikation für Nachführeinrichtungen

6.1 Allgemeines

Sonnen-Nachführeinrichtungen sind mechanische Vorrichtungen, mit denen der Sonne auf ihrer Tagesbahn gefolgt wird. Sonnen-Nachführeinrichtungen lassen sich für vielerlei Zwecke einsetzen, in diesem Dokument wird jedoch hauptsächlich der Einsatz von Sonnen-Nachführeinrichtungen für Photovoltaik-(PV-)Anwendungen beschrieben. Der Hauptzweck von Nachführeinrichtungen in PV-Anwendungen besteht darin, die vorhandene Sonnenstrahlung, die in elektrischen Strom umgewandelt wird, in effizienter Weise einzufangen. Die Klassifizierung der Photovoltaik-Nachführeinrichtungen erfolgt durch zwei Arten: Standard-PV-Nachführeinrichtungen und Konzentrator-Photovoltaik-(CPV-)Nachführeinrichtungen. Beide Modelle können weiter unterschieden werden durch Anzahl und Ausrichtung ihrer Achsen, Antriebssteuerung und Antriebsart, die vorgesehene Anwendung und ihre vertikalen Träger sowie die Art des Unterbaus.

6.2 Tragkonstruktionsarten

6.2.1 Nachführeinrichtungen für Standard-Photovoltaik-(PV-)Module

6.2.1.1 Anwendung

Standard-Photovoltaik-Nachführeinrichtungen werden dazu verwendet, den Einfallswinkel des ankommenden Lichts zum Photovoltaik-Modul so klein wie möglich zu halten. Dies trägt gegenüber der festgesetzten Erzeugungskapazität zur Steigerung des Betrages der erzeugten Energie bei.

6.2.1.2 Art des aufgenommenen Lichts

Photovoltaik-Module können sowohl direktes als auch diffuses Licht jeden Winkels aufnehmen. Dies bedeutet, dass die Systeme mit Standard-Photovoltaik-Nachführeinrichtungen auch dann Energie erzeugen können, wenn sie nicht direkt auf die Sonne gerichtet sind. Die Nachführung bei Standard-Photovoltaiksystemen wird mit der direkten Ausrichtung auf das einfallende Licht zur Erhöhung des Betrages der erzeugten Energie verwendet.

6.2.1.3 Anforderungen an die Genauigkeit

Bei Standard-Photovoltaiksystemen verringert sich mit dem Kosinus des Winkels zwischen einfallendem Licht und dem Modul die unter Direkteinstrahlung erzeugte Energie. Nachführeinrichtungen mit einer Genauigkeit von $\pm 5^\circ$ können also mehr als 99,6 % der Energie durch Direkteinstrahlung bereitstellen. Deshalb wird üblicherweise keine Nachführung mit Präzisionsgenauigkeit angewandt.

6.2.2 Nachführeinrichtungen für Konzentrator-Photovoltaik-(CPV-)Module

6.2.2.1 Anwendung

Konzentrator-Photovoltaik-Nachführeinrichtungen werden verwendet, um die in CPV-Systemen angewandte Optik wirkungsvoll einzusetzen. Mit diesen Nachführeinrichtungen werden die optischen CPV-Elemente mit einer höheren Genauigkeit als bei Nachführeinrichtungen für Standard-PV-Module auf die direkte Sonneneinstrahlung ausgerichtet.

6.2.2.2 Art des aufgenommenen Lichts

Die Primärenergiequelle für CPV-Module ist im Gegensatz zu diffuser Strahlung die direkte Sonnenstrahlung. Die spezielle Optik ist so konstruiert, dass die direkte Strahlung in den Photovoltaikzellen gebündelt wird. Wenn diese Bündelung nicht aufrechterhalten wird, führt das zu einer erheblichen Verringerung der Ausgangsleistung.

Wenn die CPV-Module sich mit einer eindimensionalen Schwenkbewegung auf die Strahlung richten, ist eine einachsige Nachführeinrichtung gefordert. Bei zweidimensionalen Schwenkbewegungen ist eine zweiachsige Nachführeinrichtung notwendig.

6.2.2.3 Anforderungen an die Genauigkeit

Bei den Konzentratormodulen beziehen sich die Anforderungen an die Genauigkeit der Nachführung auf die in Abhängigkeit von dem Empfangswinkel erzeugte Energie. Wenn der Fehler bei der Ausrichtung nach der Sonne geringer ist als der Empfangswinkel, erzeugen die Module üblicherweise mindestens 90 % der Bemessungsleistung.

6.3 Rotationsachsen

6.3.1 Allgemeines

Photovoltaik-Nachführeinrichtungen können anhand der Anzahl der Achsen und der Ausrichtung der Primärachse in Klassen unterteilt werden.

6.3.2 Einachsige Nachführungen

6.3.2.1 Allgemeines

Einachsige Nachführungen weisen einen Freiheitsgrad für die Achse der Drehbewegung auf.

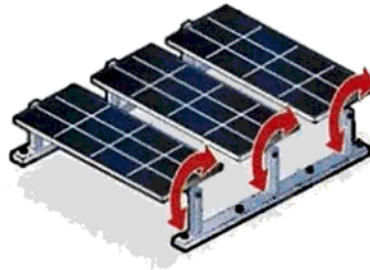
6.3.2.2 Anwendungen einachsiger Nachführungen

6.3.2.2.1 Allgemeines

Einachsige Nachführungen werden in verschiedenen Ausführungen angewandt. Dazu gehören einachsige Nachführungen mit horizontaler Ausrichtung, einachsige Nachführungen mit vertikaler Ausrichtung und einachsige Nachführungen mit Neigungswinkel.

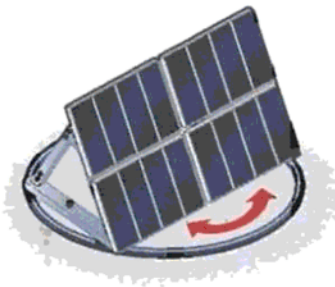
6.3.2.2.2 Einachsige Nachführungen mit horizontaler Ausrichtung (HSAT) (en: horizontal single-axis tracker)

Die Rotationsachse einer einachsigen Nachführung mit horizontaler Ausrichtung befindet sich in Bezug zum Gelände in horizontaler Lage.



6.3.2.2.3 Einachsige Nachführungen mit vertikaler Ausrichtung (VSAT) (en: vertical single-axis tracker)

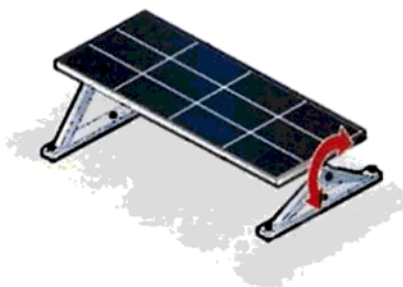
Die Rotationsachse einer einachsigen Nachführung mit vertikaler Ausrichtung befindet sich in Bezug zum Gelände in vertikaler Lage. Diese Nachführungen bewegen sich im Laufe eines Tages von Ost- in Westrichtung.



6.3.2.2.4 Einachsige Nachführungen mit Neigungswinkel (ISAT) (en: inclined single-axis tracker)

Alle Nachführungen mit Rotationsachsen zwischen horizontaler und vertikaler Ausrichtung werden als geneigte einachsige Nachführungen betrachtet. Die Neigungswinkel der Nachführungen sind häufig begrenzt, um die Angriffsfläche für den Wind zu verringern und die Neigung zum Gelände nicht zu groß werden zu lassen.

Eine spezielle Ausführung der einachsigen Nachführung mit Neigungswinkel ist die einachsige Nachführung mit Ausrichtung an der Polarachse (PISAT) (en: polar inclined single-axis tracker). Bei dieser spezifischen Anwendung entspricht der Neigungswinkel dem Breitengrad des Aufstellungsortes. Damit wird die Rotationsachse der Nachführung an der Rotationsachse der Erde ausgerichtet.



6.3.2.3 Ausrichtung nach der Himmelsrichtung

Die Rotationsachsen der einachsigen Nachführungen werden üblicherweise an einem Meridian zum geographischen Norden ausgerichtet. Mit einem erweiterten Nachführalgorithmus kann eine Ausrichtung in jede Himmelsrichtung erfolgen.

6.3.2.4 Modulausrichtung in Bezug auf die Rotationsachsen

Für die Modellierung der Leistung ist die Ausrichtung des Moduls in Bezug auf die Achsen der Nachführungen von Bedeutung.

Bei horizontal ausgerichteten sowie einachsigen Nachführungen mit Neigungswinkel erfolgt die Ausrichtung der Front des Moduls parallel zur Rotationsachse. Beim Nachführen des Moduls beschreibt dieses einen rotationssymmetrischen Zylinder um die Achse der Drehbewegung.

Bei einachsigen Nachführungen mit vertikaler Ausrichtung erfolgt die Ausrichtung der Front des Moduls an einem Winkel in Bezug auf die Rotationsachse. Beim Nachführen des Moduls bewegt sich dieses kegelförmig rotationssymmetrisch um die Achse der Drehbewegung.

6.3.3 Zweiachsige Nachführungen

6.3.3.1 Allgemeines

Zweiachsige Nachführungen weisen zwei Freiheitsgrade für die Achse der Drehbewegung auf. Diese Achsen befinden sich üblicherweise senkrecht zueinander. Die mit Bezug zum Gelände befestigte Achse kann als Hauptachse angesehen werden. Die auf die Hauptachse bezogene Achse ist als Nebenachse zu betrachten.

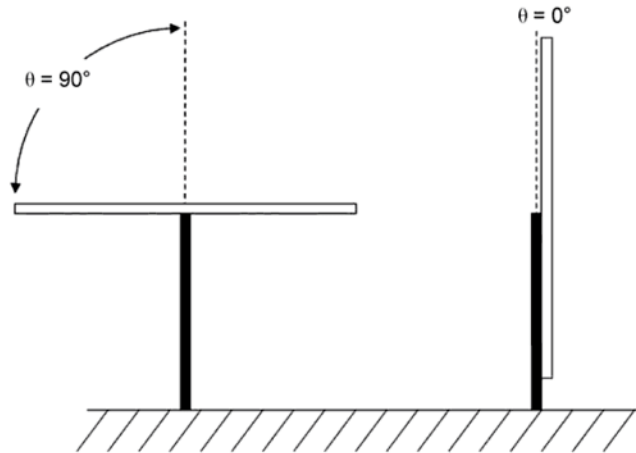
6.3.3.2 Anwendungen zweiachsiger Nachführungen

6.3.3.2.1 Allgemeines

Zweiachsige Nachführungen werden in verschiedenen Ausführungen angewandt. Sie werden nach der Hauptachsenausrichtung bezüglich des Geländes unterteilt. Eine gängige Anwendung ist die zweiachsige Nachführung mit vertikaler Hauptachse (VPDAT) (en: vertical primary dual-axis tracker) (auch Azimut-Elevation genannt).

Eine Festlegung für den Azimutwinkel betrifft die „Winkelpositionen von Ost- in Nordrichtung“ (z. B. weist ein Azimutwinkel von 0° nach Norden und ein Azimutwinkel von 90° nach Osten).

Für den Elevationswinkel wurden die „Winkel eines Punktes über dem Horizont“, wie in [Bild 1](#) dargestellt, festgelegt. Der Zenitwinkel ist das Komplement des Elevationswinkels (Zenit = 90° – Elevation).



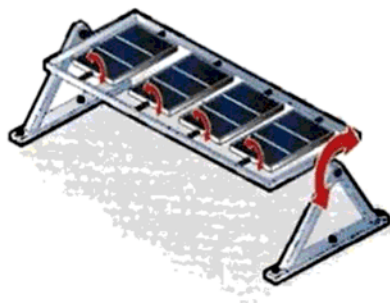
ANMERKUNG θ = Elevationswinkel = 0° (Zenitwinkel = 90°) tritt auf, wenn ein senkrecht zur Front des Moduls stehender Vektor auf den Horizont ausgerichtet ist. Ein Elevationswinkel = 90° (Zenitwinkel = 0°) ist vorhanden, wenn die Modulfront himmelwärts gerichtet ist.

Bild 1 – Festlegung für den Elevationswinkel

Die Vorzeichenkonventionen wurden in der Annahme getroffen, die einzigen zu sein, in denen die Winkel beschrieben werden; es kann jedoch eine andere Konvention zugrunde gelegt werden, solange diese beschrieben ist. Zum Beispiel kann das Bewegungsspektrum einer Nachführeinrichtung beschrieben werden mit einem „Azimutwinkel von $+20^\circ$ bis $+340^\circ$ “, aber auch als „Azimutwinkel von Süden mit $\pm 160^\circ$ “.

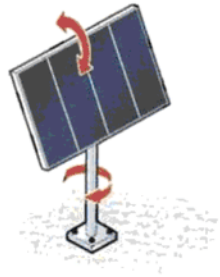
6.3.3.2.2 Zweiachsige Nachführungen mit horizontaler Hauptachse

Die Hauptachse einer zweiachsigen Nachführung mit horizontaler Hauptachse (HPDAT) (en: horizontal primary dual-axis tracker) befindet sich in Bezug zum Gelände in horizontaler Lage. Die Nebenachse ist üblicherweise senkrecht zur Hauptachse ausgerichtet.



6.3.3.2.3 Zweiachsige Nachführungen mit vertikaler Hauptachse

Die Hauptachse einer zweiachsigen Nachführung mit vertikaler Hauptachse (VPDAT) befindet sich in Bezug zum Gelände in vertikaler Lage. Die Nebenachse ist üblicherweise senkrecht zur Hauptachse ausgerichtet.



6.3.3.2.4 Zweiachsige Nachführungen mit Hauptachse mit einem Neigungswinkel

Die Hauptachse einer zweiachsigen Nachführung mit Hauptachse mit einem Neigungswinkel (IPDAT) (en: inclined primary dual-axis tracker) befindet sich in Bezug zum Gelände zwischen einer vertikalen und horizontalen Lage. Die Nebenachse ist üblicherweise senkrecht zur Hauptachse ausgerichtet.

6.3.3.3 Ausrichtung nach der Himmelsrichtung

Die Rotationsachsen der zweiachsigen Nachführungen mit horizontaler Hauptachse werden üblicherweise entweder an einem Meridian zum geographischen Norden oder an einem Ost-West-Breitengrad ausgerichtet. Mit einem erweiterten Nachführalgorithmus kann eine Ausrichtung in jede Himmelsrichtung erfolgen.

6.3.3.4 Modulausrichtung in Bezug auf die Rotationsachsen

Für die Modellierung der Leistung ist die Ausrichtung in Bezug auf die Achsen der Nachführungen von Bedeutung. Die Module der zweiachsigen Nachführeinrichtungen sind üblicherweise parallel zu den Rotations-Nebenachsen ausgerichtet.

6.4 Antrieb und Steuerung

6.4.1 Architektur

6.4.1.1 Allgemeines

Die zwei üblichen Architekturen für Antrieb und Steuerung sind die getrennte und die gekoppelte Ansteuerung. Diese können unterschiedlich ausgeführt sein.

6.4.1.2 Getrennte Antriebssteuerung

Bei der Architektur mit getrennter Antriebssteuerung werden jede Nachführung und jede Rotationsachse unabhängig voneinander angetrieben und gesteuert.

6.4.1.3 Gekoppelte Antriebssteuerung

Bei der Architektur mit gekoppelter Antriebssteuerung werden viele Rotationsachsen gleichzeitig durch ein einziges Ansteuerungssystem angetrieben. Das kann mehrere Achsen an einer einzelnen Nachführeinrichtung oder auch mehrere Nachführungen einer Anordnung betreffen.

6.4.2 Antriebssystem

Das Antriebssystem umfasst alle Komponenten der Nachführeinrichtung, über die mechanische Bewegungen auf die Verbindungselemente der Tragkonstruktion übertragen werden, einschließlich der Rotationsachsen. Dazu gehören in der Regel Getriebe, Motoren, Stellglieder, hydraulische/pneumatische Schubstangen und andere Übertragungs- und Verbindungsglieder. Das Antriebssystem umfasst keine elektronischen Steuerungen oder Verbindungselemente der Tragkonstruktion.