

DIN ISO 16290

ICS 49.140

Einsprüche bis 2015-01-28

Entwurf**Raumfahrtsysteme –
Definition des Technologie-Reifegrades (TRL) und der
Beurteilungskriterien (ISO 16290:2013);
Text Deutsch und Englisch**

Space systems –
Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment
(ISO 16290:2013);
Text in German and English

Systèmes spatiaux –
Definition des Niveaux de Maturité de la Technologie (NMT) et de leurs critères
d'évaluation (ISO 16290:2013);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-11-28 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 32 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Begriffe	5
3 Technologie-Reifegrade (TRL)	8
3.1 Allgemeines	8
3.2 TRL 1 — Grundlagen werden erfasst und dargelegt.....	9
3.3 TRL 2 — Technologiekonzept und/oder Technologieanwendung festgelegt	10
3.4 TRL 3 — Analytisches und experimentelles Nachweiskonzept der kritischen Funktion und/oder der Ausprägung	10
3.5 TRL 4 — Verifizierung der Komponente und/oder des Funktionsmodells im Laborumfeld.....	11
3.6 TRL 5 — Verifizierung der kritischen Funktionen der Komponente und/oder des Funktionsmodells in einer relevanten Umgebung	11
3.7 TRL 6 — Modelldemonstration der kritischen Funktionen des Elements in einer relevanten Umgebung	13
3.8 TRL 7 — Modelldemonstration der Leistung des Elements in der Einsatzumgebung.....	13
3.9 TRL 8 — Ist-System vollständig und abgenommen für den Flug („flugtauglich“)	14
3.10 TRL 9 — Ist-System „flugerprobt“ durch erfolgreichen Missionsbetrieb.....	15
4 Zusammenfassung	15
Literaturhinweise	18

Nationales Vorwort

Das vorliegende Dokument E DIN ISO 16290:2014 ist die deutsche Ausgabe des bei ISO im Technischen Komitee ISO/TC 20/SC 14 „Raumfahrtsysteme und Anwendung“ (Sekretariat: ANSI, USA) unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt erarbeiteten Dokumentes ISO 16290:2013.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-05-01 AA „Grundlagen und Managementverfahren“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt.

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Es wird darauf hingewiesen, dass auf Grund der Verfahrensweise zur Normenerstellung dieser Norm-Entwurf E DIN ISO 16290 ausschließlich der Annahme der deutschen Sprachfassung von ISO 16290 dienen kann. Im Rahmen dieser Umfrage sind daher ausschließlich redaktionelle Stellungnahmen zur deutschen Übersetzung möglich.

Raumfahrtssysteme — Definition des Technologie-Reifegrades (TRL) und der Beurteilungskriterien

Einleitung

Technologie-Reifegrade (TRL, en: Technology Readiness Levels) dienen zur Quantifizierung der technologischen Entwicklungsreife eines Elements, das zur Verwendung in einer Mission vorgesehen ist. Eine ausgereifte Technologie entspricht dem höchsten TRL, TRL 9 genannt, oder flugerprobten Elementen.

Die TRL-Skala kann sich in vielen Bereichen als nützlich erweisen, einschließlich, jedoch ohne Beschränkung, auf folgende Beispiele:

- a) Zur frühzeitigen Kontrolle grundlegender oder spezifischer technologischer Entwicklungen im Rahmen einer zukünftigen Mission oder Missionsfamilie;
- b) zur Bereitstellung des technologischen Entwicklungsstandes eines zukünftigen Projekts, als Eingabe zum Entscheidungsprozess der Projektimplementierung;
- c) in manchen Fällen zur Überwachung des technologischen Fortschritts während der Entwicklung.

Die Beschreibungen der einzelnen TRL finden sich in Abschnitt 3 dieser Internationalen Norm. Die zur Beurteilung durch die einzelnen TRL erforderlichen erreichten Leistungen sind in der zusammenfassenden Tabelle in Abschnitt 4 angegeben. Die Einzelheiten des Beurteilungsverfahrens durch die TRL sind durch die entsprechende Organisation oder das Institut festzulegen, die bei dieser Unternehmung federführend sind.

Diese Internationale Norm wurde unter Berücksichtigung bisher verfügbarer Dokumente zu diesem Themenbereich erstellt, im Besonderen Veröffentlichungen der US-Bundesbehörde für Luft- und Raumfahrt (NASA, en: National Aeronautics Space Administration), dem US-Verteidigungsministerium (DoD, en: Department of Defense) und europäischen Raumfahrtinstitutionen (DLR, CNES und ESA).

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Technologie-Reifegrade (TRL) fest. In erster Linie ist sie auf die Hardware von Raumfahrtssystemen anwendbar, auch wenn die Festlegungen in einem weiteren Zusammenhang in vielen Fällen Anwendung finden könnten.

Die Festlegung der TRL enthalten die für jeden einzelnen Grad zu erfüllenden Bedingungen und ermöglichen so eine genaue Beurteilung des Technologie-Reifegrades.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

2.1

Funktionsmodell

physisches *Modell* (2.10), gestaltet zur Prüfung der Funktionalität und zugeschnitten auf die Erfordernisse des Demonstrationsnachweises

2.2

kritische Funktion eines Elements

vorgeschriebene Funktion, die eine besondere Verifizierung der *Technologie* (2.19) erfordert

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Situation tritt auf, wenn entweder das Element selbst, oder Bestandteile des Elements neu sind und deshalb nicht aufgrund vorhergehender Umsetzungen beurteilt werden können, oder wenn das Element in einem neuen Zusammenhang verwendet wird, wie z. B. unter neuen Umgebungsbedingungen oder mit einem neuen noch nicht demonstrierten Verwendungszweck.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Rahmen dieser Internationalen Norm bezieht sich „kritische Funktion“ immer auf „kritische technologische Funktion“ und sollte nicht mit dem Begriff „sicherheitskritische Funktion“ verwechselt werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Im Rahmen dieser Internationalen Norm bezieht sich „kritische Funktion“ immer auf „kritische Funktion eines Elements“.

2.3

kritischer Teil eines Elements

Teil eines *Elements* (2.4), der mit einer kritischen Funktion in Zusammenhang steht

Anmerkung 1 zum Begriff: Der kritische Teil eines Elements kann einen Teilbereich des Elements darstellen und die technologische Verifikation der kritischen Funktion wird möglicherweise nur durch besondere Prüfungen erreicht, die ausschließlich an dem kritischen Teil durchgeführt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Im Rahmen dieser Internationalen Norm bezieht sich „kritischer Teil“ immer auf „kritischer technologischer Teil“.

Anmerkung 3 zum Begriff: Im Rahmen dieser Internationalen Norm bezieht sich „kritischer Teil“ immer auf „kritischer Teil eines Elements“.

2.4

Element

Einheit oder Objekt, die/das für eine Beurteilung des Technologie-Reifegrades unter Betrachtung steht

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Element kann ein Bauteil, ein Teil der Ausrüstung, ein Subsystem oder ein System sein.

2.5

Funktion des Elements

beabsichtigte Wirkung des *Elements* (2.4)

2.6 funktionale Leistungsanforderungen
Teilbereich der *Leistungsanforderungen* (2.14) an ein *Element* (2.4), der die *Funktionen des Elements* (2.5) festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die funktionalen Leistungsanforderungen schließen nicht notwendigerweise Anforderungen mit ein, die sich aus der *Einsatzumgebung* ergeben (2.11).

2.7 Laborumfeld
kontrollierte Umgebung, die für den Demonstrationsnachweis von Grundprinzipien und Funktionsverhalten benötigt wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Laborumfeld entspricht nicht zwingend der *Einsatzumgebung* (2.11).

2.8 ausgereifte Technologie
Technologie, die durch eine Reihe von *reproduzierbaren Prozessen* (2.17) bezüglich Auslegung, Herstellung, Prüfung und Betrieb eines *Elements* (2.4), zur Erfüllung von *Leistungsanforderungen* (2.14) in der tatsächlichen *Einsatzumgebung* (2.11) festgelegt ist

2.9 Missionsbetrieb
zur Missionserfüllung festgelegte Abfolge von Ereignissen

2.10 Modell
physische oder abstrakte Darstellung der relevanten Aspekte eines *Elements* (2.4) als Grundlage für Berechnungen, Vorhersagen oder weitere Bewertungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Modell“ kann auch zur Identifizierung bestimmter Produktzustände benutzt werden, wie beispielsweise Flugmodell.

Anmerkung 2 zum Begriff: Nach ISO 10795, Begriff 1.141.

2.11 Einsatzumgebung
Reihe von natürlichen und induzierten Umgebungsbedingungen, die das *Element* (2.4) von seiner Konstruktionsfestlegung bis zum Betrieb einschränken

BEISPIEL 1 Natürliche Bedingungen: Wetter, Klima, Seewetterbedingungen, Bodenbeschaffenheit, Vegetation, Staub, Licht, Strahlung, usw.

BEISPIEL 2 Induzierte Bedingungen: Elektromagnetische Interferenzen, Hitze, Vibration, Verschmutzung, Kontamination, usw.

2.12 betriebstechnische Leistungsanforderungen
Teilbereich der *Leistungsanforderungen* (2.14) an ein *Element* (2.4), der die *Funktionen des Elements* (2.5) in seiner *Einsatzumgebung* (2.11) festlegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die betriebstechnischen Leistungsanforderungen werden durch Technische Spezifikationen formuliert, die alle Engineering-Bereiche abdecken. Sie werden durch den erfolgreichen Orbitalbetrieb validiert und können auf dem Boden durch Erhebungen von Verifizierungen des Elements, die den Einsatzfall umfassend abdecken, überprüft werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die vollständigen Leistungsanforderungen eines Elements setzen sich aus den betriebstechnischen Leistungsanforderungen und den Leistungsanforderungen für die Verwendung des Elements auf dem Boden zusammen.

2.13

Leistung

Aspekte eines *Elements* (2.4), die aus seinem Betrieb oder seiner Funktion beobachtet oder gemessen werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen sind diese Aspekte quantifiziert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Nach ISO 10795, Begriff 1.155.

2.14

Leistungsanforderungen

Reihe von Parametern, die durch das *Element* (2.4) zu erfüllen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die vollständige Reihe an Leistungsanforderungen beinhaltet zwangsläufig die Umgebungsbedingungen, unter denen das Element verwendet und betrieben wird; demzufolge sind sie mit der/den zu berücksichtigenden Mission/en genauso verknüpft, wie mit der Umgebung des Systems, in die das Element integriert wird.

2.15

Prozess

Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt

Anmerkung 1 zum Begriff: Eingaben zu einem Prozess sind im Allgemeinen Ausgaben anderer Prozesse.

Anmerkung 2 zum Begriff: Prozesse innerhalb einer Organisation werden im Allgemeinen unter kontrollierten Bedingungen geplant und durchgeführt, um einen Mehrwert zu erzeugen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein Prozess, indem die Konformität des resultierenden Produktes nicht ohne weiteres wirtschaftlich überprüft werden kann, wird oft als „spezieller Prozess“ bezeichnet.

[QUELLE: ISO 10795, Begriff 1.160]

2.16

relevante Umgebung

Mindestteilbereich der *Einsatzumgebung* (2.11), erforderlich für den Demonstrationsnachweis der Leistung der *kritischen Funktionen des Elements* (2.2) in seiner *Einsatzumgebung* (2.11)

2.17

reproduzierbarer Prozess

Prozess (2.15), der zeitnah wiederholt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Reproduzierbare Prozesse sind bei der Definition „ausgereifter Technologie“ von grundlegender Bedeutung und eng mit Durchführbarkeit und Verifizierbarkeit verknüpft.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei einem Element, dass „Dank eines Zufalls“ entwickelt wurde, kann auch bei Erfüllung der Anforderungen offensichtlich nicht angegeben werden, dass es auf einer *ausgereiften Technologie* beruht, falls die Möglichkeiten, das Element auf Grundlage eines verlässlichen Zeitplans zu reproduzieren, gering sind. Im Gegenzug dazu führt die Reproduzierbarkeit implizit den Begriff der Zeit in die Definition von ausgereifter Technologie ein. Eine Technologie kann zu einem bestimmten Zeitpunkt als ausgereift erklärt, und zu einem späteren Zeitpunkt auf einen niedrigeren Reifegrad heruntergestuft werden, weil ihre Bestandteile veraltet oder nicht mehr verfügbar sind, oder weil die Prozesse eine bestimmte Organisation mit einzigartigen Fähigkeiten erfordern, die nicht mehr vorhanden ist.

2.18

Anforderung

Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt ist und erfüllt werden muss

Anmerkung 1 zum Begriff: Nach ISO 10795, Begriff 1.190.

2.19**Technologie**

Anwendung wissenschaftlicher Kenntnisse, Werkzeuge, Techniken, Handwerk, Systeme oder Organisationsmethoden zum Lösen eines Problems oder zum Erreichen eines Ziels

2.20**Validierung**

Bestätigung durch einen objektiven Nachweis, dass die *Anforderungen* (2.18) für einen spezifischen beabsichtigten Gebrauch oder eine spezifische beabsichtigte Anwendung erfüllt worden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff "validiert" wird zur Bezeichnung des entsprechenden Status verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Validierung kann unter echten oder simulierten Benutzungsbedingungen erfolgen

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Bestimmung kann durch eine Kombination aus Prüfung, Analyse, Demonstration und Inspektion erfolgen.

Anmerkung 4 zum Begriff: Wenn das Element validiert ist, so ist bestätigt, dass es fähig ist, seinen vorgesehenen Verwendungszweck in der vorgesehenen *Einsatzumgebung* (2.11) zu erfüllen.

Anmerkung 5 zum Begriff: Nach ISO 10795, Begriff 1.228.

2.21**Verifizierung**

Bestätigung durch Bereitstellung eines objektiven Nachweises, dass festgelegte Anforderungen erfüllt worden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff "verifiziert" wird zur Bezeichnung des entsprechenden Status verwendet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bestätigungen können aus Tätigkeiten bestehen wie: Durchführen alternativer Berechnungen; Vergleichen einer neuen Entwicklungsspezifikation mit einer bereits bewährten Entwicklungsspezifikation; Vornehmen von Tests und Demonstrationen; Bewerten der Dokumente, bevor sie herausgegeben werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Verifizierung kann durch eine Kombination aus Prüfung, Analyse, Demonstration und Inspektion bestimmt werden.

Anmerkung 4 zum Begriff: Wenn das Element verifiziert ist, so ist bestätigt, dass es die Entwicklungsspezifikationen erfüllt.

Anmerkung 5 zum Begriff: Nach ISO 10795, Begriff 1.229.

3 Technologie-Reifegrade (TRL)**3.1 Allgemeines**

Die Technologie eines für eine Anwendung vorgesehenen Elements erreicht den Grad der Ausgereiftheit, entsprechend TRL 9, wenn sie durch eine Reihe reproduzierbarer Prozesse bezüglich Entwicklung, Herstellung, Prüfung und Betrieb des Elements wohldefiniert ist und das Element darüber hinaus eine Reihe von Leistungsanforderungen in der tatsächlichen Einsatzumgebung erfüllt.

Das zu betrachtende Element wird als physischer Teil eines Systems angesehen. Im Allgemeinen sind Systeme in Subsysteme mit möglicherweise mehreren Unterebenen aufgeteilt. Das Element kann ein beliebiger Teil des Systems sein und stellt nicht notwendigerweise ein bestimmtes Subsystem oder eine bestimmte Unterebene dar.

Eine Grundvoraussetzung für eine TRL-Beurteilung ist die Identifizierung des zu beurteilenden Elements. Höhere Technologie-Reifegrade erfordern zudem die Identifizierung von Leistungsanforderungen und demzufolge Kenntnisse über die Mission, das System, in dem die Verwendung des Elements vorgesehen ist, sowie

dessen Einsatzumgebung. Leistungsanforderungen können vorläufiger Natur sein und auf niedrigen Technologie-Reifegraden mehrere Missionen betreffen, um dann bei höheren Reifegraden zunehmend weiterentwickelt und verifiziert zu werden.

Die TRL-Skala wird in ihrer Gesamtheit auf ein bestimmtes Element angewendet. Demzufolge gibt es bei der Entwicklung von niedrigen zu hohen Reifegraden keine Abstufungen in der Komplexität des Elements.

Höhere Technologie-Reifegrade implizieren ferner, dass das Element sich in seiner endgültigen Form befindet und für eine Validierung oder Verwendung in ein System integriert wird. Demzufolge kann der TRL eines bestimmten Elements heruntergestuft werden, wenn das gleiche Element innerhalb eines anderen Systems verwendet wird, es sei denn, sämtliche innerhalb des neuen Systems für das Element geltenden Anforderungen an Umgebung und Schnittstellen erweisen sich als gleich oder weniger anspruchsvoll als im ursprünglichen System.

Die TRL-Beurteilung gilt für ein bestimmtes Element zu einem bestimmten Zeitpunkt. Wenn die zum Zeitpunkt der Beurteilung herrschenden Bedingungen keine Gültigkeit mehr besitzen, kann sich die Beurteilung weiterentwickeln. Solche Situationen können zu einer TRL-Neubeurteilung und -Herabstufung führen, vor allem, wenn eine Neuerstellung/Wiederverwendung eines Elements angedacht ist. Dies kann zum Beispiel der Fall sein, wenn veraltete oder nicht mehr verfügbare Elektronik modifiziert werden muss, oder wenn für die Produktion spezifische Fachkenntnisse erforderlich sind, die nicht mehr vorhanden sind.

Die Zeitdauer oder der Aufwand für die Entwicklung von einem Technologie-Reifegrad zu einem anderen sind technologieabhängig und nicht linear mit der TRL-Skala verknüpft. Die Erfahrung zeigt, dass je nach Element und zu betrachtender Mission erhebliche Unterschiede bezüglich Zeitdauer und Aufwand bestehen können. Deshalb ist die TRL-Skala zwar ein geeignetes Werkzeug zur Beurteilung des Entwicklungsstandes einer Technologie zu einem bestimmten Zeitpunkt, jedoch können mit ihr keine Voraussagen über den erforderlichen Aufwand und die Kosten zur Erreichung des nächsten Reifegrades getroffen werden.

Während der Technologie-Reifegrad 9 sich auf ausgereifte Technologien bezieht, wird durch niedrigere TRL die Tatsache widerspiegelt, dass eine oder mehrere Bedingungen zum Erreichen einer ausgereiften Technologie noch nicht erfüllt wurden, so z. B:

- a) die Prozesse für die Herstellung des Elements wurden noch nicht vollständig definiert,
- b) die Anforderungen an die betriebstechnische Leistung wurden noch nicht vollständig definiert,
- c) das Element wurde noch nicht vollständig definiert,
- d) das Element wurde noch nicht konstruiert,
- e) die Leistungsanforderungen an das Element wurden noch nicht innerhalb seiner Einsatzumgebung demonstriert.

Wenn das Element ein integriertes System oder Subsystem ist, kann es aus Unterelementen aufgebaut sein, von denen jedes über eine bestimmte Technologie verfügt. In diesem Fall kann der TRL des Elements nicht höher sein, als die TRL der einzelnen Unterelemente.

Für jeden TRL ist der erwartete Stand der Leistungsanforderungen an das Element in den Beschreibungen angegeben.

3.2 TRL 1 — Grundlagen werden erfasst und dargelegt

3.2.1 Beschreibung

Bestehende wissenschaftliche Forschungen bezüglich der zu beurteilenden Technologie werden anfänglich in die angewandte Forschung und Entwicklung übertragen. Grundlagen werden durch akademische geprägte Forschungen erfasst und dargelegt. Mögliche Anwendungen werden identifiziert, jedoch findet noch keine Festlegung von Leistungsanforderungen statt.

Beim Technologie-Reifegrad 1 kann noch keine bestimmte Mission mit der Technologie in Verbindung gebracht werden, da Konzepte und/oder Anwendungen erst bei TRL 2 festgelegt werden. Demzufolge dürfen auch die Leistungsanforderungen in dieser Phase der Entwicklung noch nicht definiert werden.

3.2.2 Beispiele

Im Folgenden sind Beispiele für TRL 1 angegeben:

- a) Im Jahre 1895 entdeckte der deutsche Physiker Wilhelm Conrad Röntgen die Röntgenstrahlen.
- b) Im Jahre 1911 entdeckte H. Kamerlingh Onnes das abrupte Verschwinden des elektrischen Widerstandes bestimmter Materialien unterhalb einer charakteristischen Temperatur, und damit die Supraleitung.
- c) Im Oktober 2010 meldeten Forscher die Entdeckung des weltweit zweitgrößten Virus, CroV genannt. Dieses Virus, das marine Einzeller befällt, wird aufgrund der Größe seines Genoms als riesig angesehen – annähernd 730 000 Basenpaare oder Bausteine, mehr als doppelt so groß, wie der größte bekannte „normale“ Virus.

3.3 TRL 2 — Technologiekonzept und/oder Technologieanwendung festgelegt

3.3.1 Beschreibung

Sobald die Grundlagen erfasst sind, können praktische Anwendungen erfunden werden. Anwendungen sind spekulativer Natur und es stehen möglicherweise kein Beweis oder keine Detailanalyse zur Verfügung, die die Annahmen unterstützen.

Beim Technologie-Reifegrad 2 sind die Leistungsanforderungen an das Element allgemeingehalten und sehr weit gefasst, stimmen aber mit dem festgelegten Konzept/der festgelegten Anwendung überein.

3.3.2 Beispiele

Im Folgenden sind Beispiele für TRL 2 angegeben:

- a) Aufgrund ihrer supraleitenden Sprungtemperatur wird die Verwendung von Supraleitern, wie z. B. Aluminium oder Titan für die Konstruktion von hochempfindlichen Bolometern in Erwägung gezogen. An das Bolometer angekoppelte Energie erhöht die Temperatur des supraleitenden Materials und versetzt es damit weiter in seinen nicht-supraleitenden Zustand, wodurch sich sein elektrischer Widerstand erhöht. Diese Erhöhung des Widerstandes kann verwendet werden, um kleinste Änderungen der Temperatur, und damit der Energie, festzustellen.
- b) Das Konzept der Verwendung des photoelektrischen Effekts zur Konstruktion von Photovoltaik-Anlagen ist formuliert.

3.4 TRL 3 — Analytisches und experimentelles Nachweiskonzept der kritischen Funktion und/oder der Ausprägung

3.4.1 Beschreibung

Der Nachweis der Funktion oder Ausprägung des Elements wird durch Analyse, einschließlich Modellbildung und Simulation, sowie durch Experimente erbracht. Der Nachweis muss sowohl analytische Studien beinhalten, die die Technologie in einen angemessenen Zusammenhang setzen, als auch laborgestützte Experimente und oder Messungen für eine physische Unterstützung der analytischen Vorhersagen und Modelle.

Beim Technologie-Reifegrad 3 sind die Leistungsanforderungen an das Element allgemein gehalten, und weit gefasst und können vorläufiger Natur sein. Sie stimmen mit dem festgelegten Konzept/der festgelegten Anwendung überein. Die funktionalen Leistungsanforderungen an das Element werden bestimmt und Ziele in Bezug auf den aktuellen Stand der Technik werden definiert.