

Anforderungen an Dübelverbindungen in Kernkraftwerken

STELLUNGNAHME

1 Beratungsauftrag

Mit Schreiben RS I 3 – 17018/1 vom 12.03.2008 hatte das BMU die RSK um eine Stellungnahme zu Anforderungen an Dübelverbindungen in Kernkraftwerken und um die Beantwortung der Fragen

- 1 Welche Dübeltypen sind zur Verankerung sicherheitstechnisch wichtiger Systeme und Komponenten eines Kernkraftwerks nach dem Stand von Wissenschaft und Technik geeignet und zulässig?**
- 2 Welche Anforderungen sind an die Planung und Auslegung, Montage, Qualitätssicherung und Dokumentation bei der Herstellung sicherheitstechnisch relevanter Dübelverbindungen zu stellen und wie ist sichergestellt, dass dabei das gleiche Sicherheitsniveau, wie es bei der anzuschließenden Komponente nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlich ist, erreicht wird?**
- 3 Welche Prüfungen an den verschiedenen Dübeltypen sind an sicherheitstechnisch relevanten Dübelverbindungen im eingebauten Zustand erforderlich und welche Einflüsse (z. B. Korrosion, Ermüdung) sind dabei nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu berücksichtigen?**

gebeten [1].

Das BMU zog aufgrund des Beratungsganges in der 420. Sitzung der RSK am 08.10.2009 die erste Frage aus seinem Schreiben vom 12.03.2008 zurück und bat die RSK, sich auf die Beantwortung der Fragen 2 und 3 zu beschränken.

2 Sachverhalt

Zur Befestigung von Anlagen- und Bauteilen an tragenden Betonstrukturen werden in kerntechnischen Anlagen verschiedene Befestigungsmittel eingesetzt. Zur Befestigung auch sicherheitstechnisch wichtiger Systeme und Komponenten an bestehenden Betonstrukturen werden häufig Dübel und Dübelplatten eingesetzt. Im Rahmen von Untersuchungen zu einem meldepflichtigen Ereignis am 15.09.2006 im Kernkraftwerk Biblis, Block A, wurden nicht spezifikationsgemäß gesetzte Dübel des Herstellers Hilti vorgefunden. Bei Übertragbarkeitsprüfungen in anderen Kernkraftwerken wurden ebenfalls Montagemängel an Dübelverbindungen dieses sowie weiterer Hersteller festgestellt. Im Auftrag des BMU hat die GRS zu diesen Befunden die Weiterleitungsnachricht WLN 2006/06 vom 20.10.2006 [2] und in Ergänzung hierzu die WLN 2006/6a vom 07.09.2007 [3] mit Empfehlungen zur Überprüfung aller sicherheitstechnisch

wichtigen Dübelverbindungen erstellt. Daraufhin wurden zahlreiche Überprüfungen in den deutschen Kernkraftwerken durchgeführt, die Befunde wurden bewertet und soweit erforderlich wurden Dübelverbindungen saniert.

3 Begriffsbestimmungen und Erläuterungen

Außergewöhnliche Einwirkungen

Außergewöhnliche Einwirkungen im Sinne dieser Stellungnahme sind die EVA-Lastfälle Bemessungserdbeben, Flugzeugabsturz, Explosionsdruckwellen und EVI-Lastfälle (z. B. Differenzdruck, Strahl- und Reaktionskräfte, Anpralllasten, erhöhte Temperatur).

Dauerhaftigkeit

Fähigkeit von baulichen Anlagen, die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit während der gesamten Nutzungsdauer sicherzustellen.

Dübelverbindungen

Dübelverbindungen sind mittels Bohrmontage in bestehenden Betonkonstruktionen eingebaute Befestigungselemente. Dübelverbindungen bestehen aus Dübelplatten, die mit Metallspreizdübeln oder Hinterschnittdübeln im Beton befestigt sind.

Erläuterung:

Neben Dübelverbindungen werden zur Befestigung von Bau- und Anlagenteilen an Betonstrukturen auch Kopfbolzenverankerungen verwendet. Hierbei handelt es sich um bündig mit der Betonoberfläche abschließende Stahlplatten mit rückseitig mittels Hubzündung stumpf angeschweißten Kopfbolzen. Diese sogenannten „Ankerplatten“ werden im Gegensatz zu den Dübelverbindungen bereits bei der Herstellung eines Stahlbetonbauteiles in die Schalung integriert und einbetoniert. In dieser Stellungnahme werden ausschließlich Dübelverbindungen behandelt.

Erläuterung zu den zugelassenen Dübelverbindungen:

Für außergewöhnliche Einwirkungen von außen und innen haben derzeit die Hinterschnittdübel Fischer FZA und Hilti HDA eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) auf Basis des DIBt-Leitfadens [5]. Weitere Dübeltypen haben eine projektbezogene Zustimmung im Einzelfall (ZiE) der obersten Bauaufsichtsbehörde

(z. B. Liebig ultraplast) oder sind im Rahmen des atomrechtlichen Verfahrens nachträglich qualifiziert worden. Dazu gehören neben den Hinterschnittdübeln auch Metallspreizdübel (z. B. Liebig-Sicherheitsdübel).

Sicherheitstechnisch wichtige Bau- und Anlagenteile

Sicherheitstechnisch wichtige Bau- und Anlagenteile von Kernkraftwerken im Sinne dieser Stellungnahme sind jene, die bei Ereignissen der Sicherheitsebene 3 und/oder 4a sowie ggf. zusätzlich zu betrachtenden auslegungsbestimmenden Lastfällen zur Erreichung der Schutzziele (Kontrolle der Reaktivität, Kühlung der Brennelemente und Einschluss der radioaktiven Stoffe) sowie im Rahmen der Störfallbeherrschung zur Begrenzung der Strahlenexposition erforderlich sind.

Sicherheitstechnisch wichtige Dübelverbindungen

Sicherheitstechnisch wichtige Dübelverbindungen sind solche, die der Befestigung sicherheitstechnisch wichtiger Bau- (z. B. Bühnen) und Anlagenteile (elektro- und maschinentechnische Komponenten) dienen. Hierzu zählen auch jene Dübelverbindungen, mit denen sicherheitstechnisch nicht wichtige Bau- und Anlagenteile befestigt sind, deren Versagen sicherheitstechnisch wichtige Bau- und Anlagenteile unzulässig beeinträchtigen.

4 Beratungsgang

Wegen der grundsätzlichen generischen Bedeutung der Anforderungen an Dübelverbindungen hat das BMU die RSK um eine Stellungnahme zu Fragen in diesem Zusammenhang gebeten. Die Beratung der Fragen zu den Anforderungen an Dübelverbindungen erfolgte in der Arbeitsgruppe BAUTECHNIK des RSK-Ausschusses ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK.

Die Arbeitsgruppe BAUTECHNIK hatte sich bereits in ihrer 1. Sitzung am 30.10.2007 über verschiedene Verankerungstypen in kerntechnischen Anlagen informiert, mit denen Anker-/Dübelplatten an Betonkonstruktionen fixiert werden. In der 2. Sitzung am 31.01.2008 berichtete der Vorsitzende über den Informationsrückfluss zur WLN 2006/6a [3]. In ihrer 3. Sitzung am 21.05.2008 beriet die Arbeitsgruppe den Beratungsauftrag des BMU. Auf Bitte der Arbeitsgruppe bereitete eine Ad-hoc-Arbeitsgruppe in einer Sitzung am 06.08.2008 den Entwurf einer Stellungnahme vor. Darüber hinaus stellte die Ad-hoc-Arbeitsgruppe Fragen zu Anforderungen an Dübelverbindungen an die Betreiber zusammen. Die Arbeitsgruppe setzte auf dieser Grundlage in ihrer 4. Sitzung am 04.09.2008 die Erarbeitung einer Stellungnahme zu Anforderungen an Dübelverbindungen in Kernkraftwerken fort und überarbeitete die Fragen an die Betreiber. In ihrer 5. Sitzung am 20.11.2008 hörte die Arbeitsgruppe BAUTECHNIK einen Bericht der GRS über den Informationsrückfluss zur Weiterleitungsnachricht WLN 2006/06 [2] und 2006/06/6a [3] an und diskutierte den Bericht der Betreiber [6] zu den von der Arbeitsgruppe gestellten

Fragen zu Dübelverbindungen in Kernkraftwerken. Die Ad-hoc-Arbeitsgruppe setzte daraufhin die Erarbeitung der Stellungnahme in einer Sitzung am 15.01.2009 in Frankfurt fort und berücksichtigte dabei auch die vom BMU zum Entwurf der Stellungnahme eingegangenen Anmerkungen. In ihrer 6. Sitzung am 05.02.2009 beriet die Arbeitsgruppe BAUTECHNIK den von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe vorbereiteten Entwurf der Stellungnahme. Auf der Basis der Beratungsergebnisse setzte die Ad-hoc-Arbeitsgruppe die Erarbeitung des Stellungnahmeentwurfs in ihrer Sitzung am 15.04.2009 in München fort. In ihrer 7. Sitzung am 07.05.2009 [7] verabschiedete die Arbeitsgruppe BAUTECHNIK einen Stellungnahmeentwurf. Der Ausschuss ANLAGEN- UND SYSTEMTECHNIK trat in seiner 60. Sitzung am 17.06.2009 in die Beratung der Stellungnahme ein und schloss diese Beratung in seiner 61. Sitzung am 15.07.2009 mit der Verabschiedung der überarbeiteten Stellungnahme ab. Die RSK trat auf ihrer 420. Sitzung am 08.10.2009 in die Beratung der Stellungnahme ein und setzte diese Beratung in ihrer 421., 422., 424. und 425. Sitzung am 05.11.2009, am 17.12.2009, am 11.03.2010 und am 15.04.2010 fort.

5 Bewertungsmaßstäbe

Zur Erfüllung der sicherheitstechnischen Aufgabenstellung von Bauteilen, anlagentechnischen Systemen und Komponenten im bestimmungsgemäßen Betrieb und bei außergewöhnlichen Einwirkungen müssen Befestigungskonstruktionen wie Dübelverbindungen die auftretenden Einwirkungen sicher in das Bauwerk einleiten.

Für Dübelverbindungen gibt es keine einschlägigen Normen. Der bauaufsichtliche Nachweis der Verwendbarkeit der Dübel selbst ist über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (abZ) des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) oder eine Zustimmung im Einzelfall (ZiE) der obersten Baubehörde zu führen. Die Kriterien zur Erlangung einer Zulassung sind im „Leitfaden des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) zur Verwendung von Dübeln in Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen (Dübelleitfaden)“ [5] beschrieben, in dem u. a. Festlegungen zur Bestimmung der Tragfähigkeit von sicherheitstechnisch wichtigen Dübelverbindungen, Festlegungen zur Bemessung von sicherheitstechnisch wichtigen Dübelverbindungen und Vorgaben für den Einbau von Dübelverbindungen in Kernkraftwerken enthalten sind. Auf der Basis des DIBt-Leitfadens [5] werden die produktspezifischen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen und Zustimmungen im Einzelfall erteilt, die bauaufsichtlich als Nachweis der Verwendbarkeit des Bauproduktes Dübel gelten. In den Zulassungen der jeweiligen Dübeltypen sind konkrete Bestimmungen für den Entwurf, die Bemessung und die Ausführung der Dübelverbindungen enthalten. Nähere Angaben, insbesondere zur Montage der Dübel, enthalten die jeweiligen Produktinformationen der Dübelhersteller. Der DIBt-Leitfaden [5] befindet sich derzeit in der Überarbeitung.

Der vorliegenden Stellungnahme wurden somit als Bewertungsmaßstab zugrunde gelegt:

- die in dieser Stellungnahme in Abschnitt 6 beschriebenen Anforderungen
- der Dübelleitfaden des DIBt [5],
- die folgenden Punkte aus der Diskussion zur Überarbeitung des DIBt-Leitfadens:

- Anpassung an die aktuelle Normengeneration (Teilsicherheitskonzept im Bauwesen: z. B. Sachstandsbericht KTA-GS-78 oder DIN 25449 [11]),
- verbesserte Qualitätssicherung der Ausführung,
- Dübelverschiebungen ,
- bauaufsichtliche Nachweise der Verwendbarkeit der Dübel,
- die KTA-Regeln 1401 [8] und 1404 [9],
- die Empfehlungen aus den GRS-Weiterleitungsnachrichten 2006/06 [2] und 2006/6a [3] und
- Produktinformation der Hersteller (z. B. Montagevorgaben).

Ferner wurden die Erkenntnisse und Befunde aus den in den deutschen Kernkraftwerken durchgeführten Überprüfungen berücksichtigt.

6 Allgemeine Anforderungen an sicherheitstechnisch wichtige Dübelverbindungen

6.1 Anforderungen an die Auslegung von Dübelverbindungen

Die sicherheitstechnische Bedeutung von Dübelverbindungen ergibt sich aus der sicherheitstechnischen Bedeutung der anzuschließenden Bau- und Anlagenteile. Sicherheitstechnisch wichtige Dübelverbindungen in Kernkraftwerken sind hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit so auszulegen, dass sie in der Lage sind, die System- und Komponentenlasten aus dem bestimmungsgemäßen Betrieb sowie aus Einwirkungen von außen (EVA) und/oder innen (EVI) in die lastabtragende Baustruktur sicher einzuleiten. Im Rahmen der Auslegung ist zu prüfen, ob weitere Anforderungen an die Auslegung von sicherheitstechnisch wichtigen Dübelverbindungen (z. B. Feuerwiderstandsdauer, Berücksichtigung von Korrosionseinflüssen) zu stellen sind.

Wie alle elastischen Systeme erfahren Dübelverbindungen unter Belastung Verformungen, die im Gebrauchszustand (bestimmungsgemäßer Betrieb) sehr gering sind und deshalb bei der Auslegung i.d.R. vernachlässigbar sind. Bei außergewöhnlichen Einwirkungen – insbesondere bei Einwirkungen aus Bemessungserdbeben – kann wegen dann möglicher Rissbildung im Beton mit größeren Rissbreiten und wiederholten zyklischen Rissöffnungen und Lastwechseln das Auftreten von Dübelverschiebungen nicht ausgeschlossen werden. Zur Erfüllung der sicherheitstechnischen Aufgabenstellung der Dübelverbindungen ist deshalb für die konkreten standort- und anlagenspezifischen Randbedingungen zu bewerten, ob die maximal zu unterstellenden Dübel- bzw. Dübelplattenverschiebungen

- so begrenzt sind, dass sie durch die Nachweisverfahren in der Anlagentechnik unter der Annahme eines starren bauseitigen Anschlusses abgedeckt sind und unzulässige Rückwirkungen auf die zu befestigenden Bau- und Anlagenteile nicht auftreten können, oder
- zusätzliche Betrachtungen bei den befestigten Bau- und Anlagenteilen erforderlich machen.

Sicherheitstechnisch wichtige Dübelverbindungen müssen so konzipiert sein, dass die mit der Montage von Dübeln verbundenen Streuungen durch die bei der Bemessung zu berücksichtigenden Tragfähigkeitswerte und Sicherheitsfaktoren abgedeckt sind.

Erläuterungen zu Dübelverschiebungen:

Die im Rahmen von Zulassungsversuchen an Einzeldübeln gemessenen und in den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der jeweiligen Dübeltypen angegebenen Verschiebungen bilden für eine Bewertung der Dübelverschiebungen keine ausreichende Grundlage, da sie für die typischen Verhältnisse in den Anlagen zu unrealistisch hohen Werten führen. Die in den Zulassungen angegebenen Verschiebungen gehen zurück auf die im DIBt Leitfaden von 1998 [5] vorgegebenen Versuchsbedingungen, mit denen die Tragfähigkeit und Bemessung von Dübelbefestigungen abdeckend für unterschiedliche und dabei auch sehr ungünstige Randbedingungen sichergestellt werden soll.

In einer konkreten Einbausituation ist es jedoch technisch sinnvoll und zulässig, entsprechend den tatsächlich gegebenen Randbedingungen zu differenzieren. Die tatsächlich maximal zu erwartenden Verschiebungen können standort- und anlagenspezifisch von folgenden Einflussgrößen abhängen:

- den auftretenden Rissbreiten,
- der anzusetzende Anzahl von effektiven Rissöffnungs- und Lastzyklen,
- der gegebenen Betonfestigkeit,
- der durch die Auslegung festgelegten Ausnutzung der Dübeltragfähigkeit,
- der Lastverteilung auf mehrere Dübel in Verbindung mit Dübelplatten,
- den anzusetzenden Abständen zwischen Rissen, die bei Erdbeben in Stahlbetonstrukturen entstehen können und
- die Überlagerung der Zeitverläufe von Rissbreite und Last am Dübel bei Erdbeben.

Für die Ermittlung und Bewertung der maximal zu unterstellenden Dübelverschiebungen sind für die genannten Einflussgrößen auf Basis der anlagenspezifisch vorhandenen Informationen abdeckende Werte festzulegen.

Die Ergebnisse bisher durchgeführter realitätsnaher Versuche, z.B. [11] haben gezeigt, dass unter Zuglast (5 Rissöffnungszyklen bei einer Rissbreite von maximal 0,9 mm) Dübelverschiebungen im Bereich von wenigen Millimetern (etwa 3 mm für Einzeldübel und Dübelplatten mit 2 Dübeln, wenn unterstellt wird, dass der Riss beide Dübel beeinträchtigt) auftreten, was in der Größenordnung typischerweise vorhandener Halterungsspiele liegt. An sicherheitstechnisch wichtigen Dübelverbindungen aus Dübelplatten mit 4 oder mehr Dübeln sowie bei geringeren Rissbreiten sind noch geringere Verschiebungen zu erwarten.

Verschiebungen dieser Größe haben in der Regel keine Auswirkungen auf das Tragverhalten und die Integrität der angeschlossenen Komponenten und können bei den Nachweisen der Komponenten und ihrer Halterungskonstruktionen deshalb unberücksichtigt bleiben (Annahme im Berechnungsmodell starrer Bauanschluss). Bei Komponenten, die zum Erhalt ihrer Funktionsfähigkeit höhere Anforderungen an die Unverschieblichkeit des Bauanschlusses stellen, z.B. Armaturen, sind Dübelverbindungen so zu dimensionieren, dass sehr geringe Verschiebungen auftreten.

6.2 Anforderungen an die Montage und Ausführungsqualität von Dübelverbindungen

Die Montage von sicherheitstechnisch wichtigen Dübelverbindungen darf nur durch produktspezifisch geschultes Personal unter Zugrundelegung der Montageanweisungen der Hersteller erfolgen. Die allgemeinen Anforderungen an die Qualitätssicherung und Dokumentation gemäß den KTA-Regeln 1401 und 1404 sind auch für Dübelverbindungen einzuhalten. Demgemäß ist die ordnungsgemäße Ausführung von Dübelverbindungen auf der Basis produktspezifischer Prüfungen zu überwachen, die in den Montageprotokollen zu dokumentieren sind.

6.3 Anforderungen an die nachträgliche Prüfung von Dübelverbindungen

Bei einer nachträglichen Überprüfung von sicherheitstechnisch wichtigen Dübelverbindungen im eingebauten Zustand müssen die spezifikationsgemäße Ausführungs- und Montagequalität und dabei insbesondere jene Merkmale überprüft werden, die die Tragfähigkeit bestimmen. Art und Umfang der Kontrollen sind in Abhängigkeit der jeweiligen Dübeltypen festzulegen.

7 Beantwortung der Fragen des BMU

Die RSK beantwortet die im Beratungsauftrag des BMU gestellten Fragen wie folgt:

1 Welche Dübeltypen sind zur Verankerung sicherheitstechnisch wichtiger Systeme und Komponenten eines Kernkraftwerks nach dem Stand von Wissenschaft und Technik geeignet und zulässig?

Diese Frage wurde vom BMU in der 420. Sitzung der RSK am 08.10.2009 aufgrund des Beratungsganges zurückgezogen, da nach Meinung der RSK eine umfassende Prüfung der Eignung der verschiedenen Dübel bzw. Dübeltypen im Rahmen der Beratungen der RSK nicht durchführbar war. Hierzu wird auf die bestehenden Zulassungsverfahren für den Einsatz von Dübeln in Kernkraftwerken verwiesen.

2 Welche Anforderungen sind an die Planung und Auslegung, Montage, Qualitätssicherung und Dokumentation bei der Herstellung sicherheitstechnisch relevanter Dübelverbindungen zu stellen und wie ist sichergestellt, dass dabei das gleiche Sicherheitsniveau, wie es bei der anzuschließenden Komponente nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderlich ist, erreicht wird?

Zur Erfüllung der sicherheitstechnischen Aufgaben sind an Dübelverbindungen Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit zu stellen. Allgemeine Anforderungen sind bereits in Abschnitt 6 aufgeführt.

Die Dübelverbindungen sind auf der Basis von abZ bzw. ZiE und den Vorgaben des DIBt-Leitfadens [5] zu planen. Der Auslegung sind die bautechnischen Randbedingungen (z. B. Bauteilgeometrie, Baustoffeigenschaften) sowie die bestätigten Bauanschlusslasten und eventuell weitere sicherheitstechnische Anforderungen (z. B. erforderliche Feuerwiderstandsdauer, Korrosionsbeständigkeit) zu Grunde zu legen. Die Planung und Auslegung der Dübelverbindungen muss dabei die in Kap. 6.1 beschriebenen Zusammenhänge hinsichtlich der Einflüsse auf eventuelle Dübelverschiebungen berücksichtigen. Die Ausführung ist auf der Basis der geprüften Ausführungsunterlagen zu überwachen.

Dübelverbindungen müssen so konzipiert sein, dass die mit der Montage von Dübeln verbundenen Streuungen durch die bei der Bemessung zu berücksichtigenden Tragfähigkeitswerte und Sicherheitsfaktoren abgedeckt sind. Die Anforderungen an die Montage von Dübelverbindungen sind in den abZ bzw. ZiE festzulegen. Die RSK geht davon aus, dass das Vorliegen einer Montageanweisung Voraussetzung für die Zulassung ist. Die Dübelhersteller haben dafür Sorge zu tragen, dass die Montageanweisungen vollständig, ausreichend detailliert und widerspruchsfrei zu den Zulassungen sind. Wie bereits in Abschnitt 6.2 ausgeführt darf aufgrund der Komplexität der Anforderungen die Montage der Dübelverbindungen nur von produktspezifisch geschultem Fachpersonal vorgenommen werden. Die Schulungen sind nachzuweisen. Die ordnungsgemäße Ausführung von Dübelverbindungen ist stets auch vom Betreiber zu überwachen und zu dokumentieren.

Die Anforderungen an die Kontrolle der Ausführung sind entsprechend der abZ bzw. ZiE zu erfüllen. Weitergehende Anforderungen an die Qualitätssicherung sind in der KTA 1401 „Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung“ geregelt, die sich auf die für Kernkraftwerke geltenden Sicherheitskriterien 1.1 „Grundsätze der Sicherheitsvorsorge“ und 2.1 „Qualitätsgewährleistung“ beziehen. Gemäß dem Kriterium 2.1 muss die Qualität aller Anlagenteile eines Kernkraftwerks – zu den Anlagenteilen gehören auch Bauteile wie Dübelverbindungen – ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung entsprechen. In allen Montageschritten, in denen die Qualitätsmerkmale beeinflusst werden können, ist die Qualitätssicherung vom Betreiber (Genehmigungsinhaber) durchzuführen (Abschnitt 7.2 (2) KTA 1401: „An spezifizierten Haltepunkten während und nach Abschluss der Fertigung, Montage und Errichtung sind Qualitätsprüfungen durchzuführen. Die Fertigungsschritte und Prüfungen sind (z. B. mittels Prüffolgeplan) so aufeinander abzustimmen, dass jede Prüfung zu dem Zeitpunkt vorgenommen wird, zu dem die geforderten Qualitätsmerkmale uneingeschränkt geprüft werden können.“).

Umfang und Prüftiefe der QS-Maßnahmen bei der Herstellung der Dübelverbindungen müssen der sicherheitstechnischen Bedeutung der anzuschließenden Komponenten angemessen sein. Dabei sind insbesondere aufgrund der Erkenntnisse aus den bisherigen Dübelüberprüfungen entsprechend der sicherheitstechnischen Bedeutung der anzuschließenden Komponente zusätzliche Qualitätssicherungselemente, wie z. B. erweiterte und produktspezifisch angepasste Montageprotokolle in Anlehnung an die Prüffolgepläne in der Anlagentechnik, vorzusehen. Hinsichtlich der Dokumentation sind dabei die Anforderungen der KTA 1404 „Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken“ einzuhalten.

Bei Einhaltung des im DIBt-Leitfaden [5] vorgegebenen Bemessungsverfahrens für Dübelverbindungen (erhöhte bauart- und baustoff-spezifische Sicherheitsbeiwerte) ist sichergestellt, dass bauseitig hinsichtlich der Auslegung ein der Anlagenseite entsprechendes Sicherheitsniveau erreicht wird. Dies gilt auch bei Berücksichtigung der in Kapitel 5 genannten Diskussionspunkte zur Überarbeitung des DIBt-Leitfadens. Die Sicherheitsbeiwerte decken übliche, bei der Montage von Dübeln unvermeidbare Streuungen ab, jedoch keine Fehler bei der Montage. Um das erforderliche Sicherheitsniveau auch bei der Ausführung zu gewährleisten, sind die oben beschriebenen umfassenden QS-Maßnahmen entsprechend den Vorgaben der abZ bzw. ZiE und der KTA 1401 durchzuführen.

Die werksseitige Herstellung der Bauprodukte "Dübel" erfolgt produktspezifisch unter Beachtung zertifizierter Qualitätssicherungsmaßnahmen entsprechend den Vorgaben der jeweiligen bauaufsichtlichen Zulassungen. Die Produktionskontrollen der Herstellerwerke unterliegen einer regelmäßigen Fremdüberwachung durch hierfür anerkannte Institute. Eine Bestätigung erfolgt durch Übereinstimmungszertifikate der Herstellerwerke.

Dübelverbindungen, die nach dem beschriebenen Verfahren geplant, ausgelegt, hergestellt, montiert und dokumentiert werden, erreichen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik das gleiche Sicherheitsniveau wie die anzuschließende Komponente.

3 Welche Prüfungen an den verschiedenen Dübeltypen sind an sicherheitstechnisch relevanten Dübelverbindungen im eingebauten Zustand erforderlich und welche Einflüsse (z. B. Korrosion, Ermüdung) sind dabei nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu berücksichtigen?

Die Qualität von Dübelverbindungen, insbesondere die Tragfähigkeit, wird von verschiedenen Parametern beeinflusst. Je nach Dübeltyp sind die relevanten Einflüsse auf das Tragverhalten und mögliche Montagefehler aufzuzeigen. Eine Überprüfung im eingebauten Zustand muss hierauf abgestimmt sein, ist jedoch oft nur eingeschränkt möglich. Erste Empfehlungen für die Prüfungen von Dübelverbindungen sind in den WLN 2006/06 [2] und 2006/06a [3] aufgeführt.

Die für sicherheitstechnisch wichtige Verbindungen überwiegend verwendeten Hinterschnittdübel erreichen ihre relativ hohe Tragfähigkeit bezüglich Herausziehen durch einen sogenannten Formschluss, d. h. durch mechanische Verzahnung. Ein zunächst zylindrisches Bohrloch wird an seinem hinteren Ende im Verankerungsgrund mit Hilfe spezifischer Verfahren aufgeweitet (hinterschnitten). Beim Setzen des Dübels wird dieser im Hinterschnittbereich aufgespreizt und erzeugt seinen Widerstand gegen Zugbeanspruchung durch Formschluss am Dübelende. Hinterschnittdübel haben gegenüber Spreizdübeln den Vorteil, dass sie ihre Traglast auch bei größeren Rissen im Beton, die durch das Bohrloch verlaufen, weitgehend beibehalten. Hinsichtlich Traglast und Verformungsverhalten ist es hierbei wichtig, dass der Dübel ausreichend aufgespreizt ist und die Geometrie des erzeugten Hinterschnittes mit derjenigen des aufgespreizten Dübelendes übereinstimmt. Wenn die Aufspreizung nicht ausreichend durchgeführt wurde, besteht die Gefahr des Herausziehens.

Bei einer Überprüfung sollten die Parameter mit erheblichem Einfluss auf die Tragfähigkeit (siehe nachfolgende Aufstellung) berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang ist die Sichtprüfung für die Überprüfung der Qualität der Dübelverbindung wichtig, muss aber aus Sicht der RSK durch weitere produktspezifische Prüfungen (z. B. Prüfung der Ausbildung des Hinterschnitts) ergänzt werden.

Bei den Metallspreiz- und Hinterschnittdübeln sind im Rahmen einer Nachprüfung folgende Prüfungen bzgl. der Tragfähigkeit der Dübelverbindungen möglich:

- Feststellung der Anordnung (Anzahl, Geometrie) und des Dübeltyps,
- Vollständigkeit der Dübelteile (Mutter, Unterlegscheibe),
- ausreichender Gewindeüberstand über Mutter,
- vollflächiges Anliegen der Dübelplatte an der Betonoberfläche (Spalt, Verschiebungen),
- Sitz des Bolzens, eventuelle Schiefstellung,
- Durchmesser des Durchgangsloches in der Dübelplatte,
- Einstand der Hülse in die Dübelplatte,
- ggf. Ultraschallprüfung zur Feststellung der tatsächlichen Bolzenlänge bzw. zur Feststellung des Dübeltyps und
- Sitz des Dübels im Betongrund, eventuelle Fehlbohrungen, "unrunde" Bohrlöcher.

Zusätzlich sind bei Hinterschnittdübeln die Hinterschneidung und Aufspreizung (indirekt überprüfbar durch Farbmarkierung bei Hilti HDA und bei Fischer FZA (neu) oder durch den gemessenen Bolzenüberstand über Hülse bei Fischer FZA (alt)) zu überprüfen.

Sofern die Muttern der Hinterschnittdübel nicht gelöst werden, sind keine Aussagen zur wichtigen Einflussgröße der Ausbildung des Hinterschnittes und der Aufspreizung möglich.

Beim Hinterschnittdübel des Typs Liebig ultraplus darf die Mutter aufgrund der speziellen Bauart nicht ohne besondere Vorkehrungen gelöst werden. Dadurch sind keine weitergehenden zerstörungsfreien Prüfungen der Dübelverbindung, sondern nur Sichtprüfungen möglich. Durch die spezielle Montagetechnik bei der Anbringung dieses Dübeltyps ist nach Auffassung der RSK die Fehleranfälligkeit der Dübelverbindung gering. So sind auch bei den bisher durchgeführten zerstörenden Überprüfungen und systematisch durchgeführten Sichtprüfungen von Dübelverbindungen dieses Dübeltyps keine dübelspezifischen Fehler festgestellt worden. Aus Sicht der RSK ist daher eine reine Sichtprüfung für den Dübeltyp „Liebig ultraplus“ ausreichend. Aus Gründen des Erfahrungsrückflusses wird empfohlen, bei zukünftigen Maßnahmen, bei denen diese Dübeltypen ersetzt werden, den Einbauzustand zu prüfen und zu dokumentieren.

Das Lösen der Muttern von Metallspreizdübeln kann zu dauerhaften Veränderungen des Tragverhaltens führen. Anders als bei Hinterschnittdübeln wird der ordnungsgemäße Sitz im Verankerungsgrund ausschließlich über das aufgebrachte Drehmoment bestimmt. Ausführungsmängel, wie sie eventuell am Verankerungsgrund von Hinterschnittdübeln auftreten können, sind montagebedingt nicht zu unterstellen. Aus Sicht der RSK ist daher eine reine Sichtprüfung für Metallspreizdübel ausreichend.

Kriterien zur Beurteilung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit bei relevanten Abweichungen vom spezifizierten Zustand (z. B. abZ, ZiE) sind im Einzelfall bau- und anlagenseitig auch unter Berücksichtigung von Dübelverschiebungen festzulegen.

Die in kerntechnischen Anlagen verwendeten Dübeltypen für die Befestigung von sicherheitstechnisch wichtigen Bau- und Anlagenteilen sind nur für vorwiegend ruhende Belastungen (Lastspielzahl $N \leq 10^4$) zugelassen. Außergewöhnliche Einwirkungen (z. B. Erdbeben, Druckstöße) sind wegen der geringen Lastzyklen als vorwiegend ruhend zu betrachten. Folglich sind hieraus keine ermüdungsrelevanten Beanspruchungen für die Dübelverbindungen abzuleiten.

In Feuchträumen, in Außenluftbereichen und in Raumbereichen, in denen die dort vorliegenden spezifischen Umgebungsbedingungen eine Korrosion der Dübel begünstigen können, sind nur korrosionsbeständige Dübel zuzulassen. Ereignisbezogen, z.B. nach aufgetretenen Leckagen, Dekontaminationsarbeiten, Feuchtigkeitseinträgen oder anderen Hinweisen auf Dübelkorrosion ist zu prüfen, ob die bei der Auslegung unterstellten Umgebungsbedingungen noch zutreffen bzw. unzulässige Dübelkorrosionen auftreten. Der Nachweis der Korrosionsfreiheit ist nicht durch Sichtprüfungen möglich, hierfür ist die stichprobenweise Demontage von Dübeln erforderlich.

Gemäß den o. g. Zulassungen der Dübel sind wiederkehrende Prüfungen (WKP) nicht vorgesehen. Über Sichtprüfungen hinausgehende Prüfungen sind bei nachgewiesenem ordnungsgemäßem Einbau nach Meinung der RSK nicht erforderlich. Ereignisbezogen (z. B. nach Ereignisabläufen mit potentiell nicht spezifizierten Lasten) sind hierauf abgestimmte Prüfungen im Rahmen von Anlagenbegehungen durchzuführen. Das wiederkehrende Aufbringen des Drehmoments ist zu vermeiden, da hierdurch die Tragfähigkeit des Dübels reduziert werden kann.

8 Zusammenfassende Empfehlungen

Aufgrund ihrer Beratungen zu den Fragen des BMU kommt die RSK zu folgenden Empfehlungen:

Empfehlung 1

Für Dübelverbindungen sicherheitstechnisch wichtiger Systeme und Komponenten dürfen nur Dübeltypen verwendet werden, welche auch für außergewöhnliche Einwirkungen qualifiziert sind, z. B. im Rahmen einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung, einer projektbezogenen Zustimmung im Einzelfall der obersten Bauaufsichtsbehörde oder einer Bewertung im atomrechtlichen Verfahren.

Empfehlung 2

Für Dübelverbindungen sicherheitstechnisch wichtiger Systeme und Komponenten ist unter standort- und anlagenspezifischen Randbedingungen nachzuweisen, dass die unter außergewöhnlichen Einwirkungen auftretenden Dübelverschiebungen kleiner sind als die zulässigen Verschiebungen der Bau- und Anlagenteile einschließlich ihrer Halterungskonstruktionen.

Empfehlung 3

Bei der Montage und der Kontrolle der Ausführung von Dübelverbindungen sind die entsprechenden Regelungen in den bauaufsichtlichen Zulassungen und in den Montageanweisungen der Dübelhersteller zu beachten. Dübelverbindungen dürfen nur von Fachpersonal montiert werden, welches auf das jeweilige Produkt nachweislich geschult ist. Die allgemeinen Anforderungen an die Qualitätssicherung und Dokumentation gemäß den KTA-Regeln 1401 und 1404 sind auch für Dübelverbindungen einzuhalten. Insbesondere ist die ordnungsgemäße Ausführung von Dübelverbindungen vom Betreiber zu überwachen und zu dokumentieren. Für Dübelverbindungen sind produktspezifisch angepasste Montageprotokolle in Anlehnung an die Prüffolgepläne in der Anlagentechnik vorzusehen.

Empfehlung 4

Aufgrund der Vorkommnisse und festgestellten Befunde sind nachträgliche Überprüfungen von bestehenden Dübelverbindungen notwendig geworden. Dabei sind die Empfehlungen der GRS-Weiterleitungsnachricht WLN 2006/06 und 2006/06a zu beachten. Art und Umfang der Kontrollen bestehender sicherheitstechnisch wichtiger Dübelverbindungen sind in Abhängigkeit von den verwendeten Dübeltypen festzulegen. Die Überprüfungen und deren Ergebnisse sind entsprechend zu dokumentieren. Hinsichtlich der Setzqualität werden im Folgenden konkrete Kontrollschritte für die in deutschen Kernkraftwerken maßgebenden Dübeltypen aufgezeigt:

- Metallspreizdübel
visuelle Überprüfungen ohne Lösen der Muttern
 - Feststellung der Anordnung (Anzahl, Geometrie) und des Typs der Dübel,
 - Vollständigkeit der Dübelteile (Mutter, Unterlegscheibe),
 - ausreichender Gewindeüberstand über Mutter,
 - Sitz des Bolzens, eventuelle Schiefstellung,
 - vollflächiges Anliegen der Dübelplatte an der Betonoberfläche (Spalt, Verschiebungen),
 - fester Sitz aller Dübel und der Dübelplatte und
 - in besonderen Fällen Kontrolle des Drehmomentes.

- Hinterschnittdübel Liebig ultraplus
visuelle Überprüfungen ohne Lösen der Muttern
 - Feststellung der Anordnung (Anzahl, Geometrie) und Typ der Dübel,
 - Vollständigkeit der Dübelteile (Mutter, Unterlegscheibe),
 - ausreichender Gewindeüberstand über Mutter,
 - Sitz des Bolzens, eventuelle Schiefstellung,

- vollflächiges Anliegen der Dübelplatte an der Betonoberfläche (Spalt, Verschiebungen) und
- fester Sitz aller Dübel und der Dübelplatte.

- Hinterschnittdübel Fischer FZA-K
Überprüfungen mit Lösen der Muttern
 - Feststellung der Anordnung (Anzahl, Geometrie) und Typ der Dübel,
 - Vollständigkeit der Dübelteile (Mutter, Unterlegscheibe),
 - ausreichender Gewindeüberstand über Mutter,
 - Sitz des Bolzens, eventuelle Schiefstellung,
 - Einstand der Hülse in die Dübelplatte,
 - Grad der Verspreizung (Lage der grünen Markierung, Gewindebolzenüberstand über Hülse),
 - in Einzelfällen Ultraschallprüfung zur Feststellung der tatsächlichen Bolzenlänge (Feststellung des Dübeltyps),
 - Durchmesser des Durchgangsloches in der Dübelplatte,
 - vollflächiges Anliegen der Dübelplatte an der Betonoberfläche (Spalt, Verschiebungen),
 - Sitz des Dübels im Betongrund, eventuelle Fehlbohrungen, "unrunde" Bohrlöcher und
 - fester Sitz aller Dübel und der Dübelplatte.

- Hinterschnittdübel Hilti HDA
Überprüfungen mit Lösen der Muttern,
 - Feststellung der Anordnung (Anzahl, Geometrie) und Typ der Dübel,
 - Vollständigkeit der Dübelteile (Mutter, Unterlegscheibe),
 - ausreichender Gewindeüberstand über Mutter,
 - Sitz des Bolzens, eventuelle Schiefstellung,
 - Einstand der Hülse in die Dübelplatte,
 - Grad der Verspreizung (Lage der roten Markierung),
 - Durchmesser des Durchgangsloches in der Dübelplatte,
 - vollflächiges Anliegen der Dübelplatte an der Betonoberfläche (Spalt, Verschiebungen),
 - Sitz des Dübels im Betongrund, eventuelle Fehlbohrungen, "unrunde" Bohrlöcher und
 - fester Sitz aller Dübel und der Dübelplatte.

Bei Befunden sind die Auswirkungen auf die Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu bewerten. Die Bewertungskriterien sind dübelspezifisch in Anlehnung an die Anforderungen des DIBt-Leitfadens [5] festzulegen.

Empfehlung 5

Die RSK regt an, im Rahmen des Alterungsmanagements das Thema Korrosion bei Dübeln zu betrachten.

Beratungsunterlagen

- [1] Anforderungen an Dübelverbindungen in Kernkraftwerken^
Bitte um Stellungnahme der RSK
Schreiben des BMU vom 12.03.2008, Az. RS I 3 – 17018/1

- [2] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Weiterleitungsnachricht zu Ereignissen in Kernkraftwerken der Bundesrepublik
Deutschland (WLN 2006/06) „Fehlerhaft montierte Dübel“ im Kernkraftwerk Biblis,
Block A (KWB-A) vom 20.10.2006

- [3] Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Weiterleitungsnachricht zu Ereignissen in Kernkraftwerken der Bundesrepublik
Deutschland (WLN 2006/06a) ; Ergänzung zur Weiterleitungsnachricht 2006/06
„Fehlerhaft montierte Dübel“ im Kernkraftwerk Biblis, Block A (KWB-A)
vom 07.09.2007

- [4] Dübelbefestigungen
Dr.-Ing. F.-H. Schlüter, SMP Ingenieure im Bauwesen GmbH
Folien, 1. Sitzung der Arbeitsgruppe BAUTECHNIK am 30.10.2007

- [5] Deutsches Institut für Bautechnik
Verwendung von Dübeln in Kernkraftwerken und kerntechnischen Anlagen
Leitfaden zur Beurteilung von Dübelbefestigungen bei der Erteilung von
Zustimmungen im Einzelfall nach den Landesbauordnungen der Bundesländer
Ausgabe 9/98

- [6] Stellungnahme VGB PowerTech e.V. vom 13.10.2008

- [7] Ergebnisprotokoll der 7. Sitzung der RSK-AG BAUTECHNIK am 07.05.2009

- [8] KTA 1401
Allgemeine Forderungen an die Qualitätssicherung, Fassung Juni 1996

- [9] KTA 1404
Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken, Fassung 6/01

- [10] DIN 25449:2008-02: Bauteile aus Stahl- und Spannbeton in kerntechnischen Anlagen
– Sicherheitskonzept, Einwirkungen, Bemessung und Konstruktion

- [11] TU Darmstadt
Gutachterliche Stellungnahme Nr. 197.1.07 vom 30.01.2009
Ermittlung von Dübelverschiebungen für den Hilti HDA-T, M12 unter verschiedenen
Einflussgrößen wie Rissbreite, Lasthöhe und Versuchsart