

Kneuper, Ralf

**Working Paper**

## Die geschichtliche Entwicklung des V-Modells

IUBH Discussion Papers - IT & Engineering, No. 1/2018

**Provided in Cooperation with:**

IUBH University of Applied Sciences

*Suggested Citation:* Kneuper, Ralf (2018) : Die geschichtliche Entwicklung des V-Modells, IUBH Discussion Papers - IT & Engineering, No. 1/2018, IUBH Internationale Hochschule, Bad Honnef

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/10419/229134>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# IUBH Discussion Papers

## IT & Engineering

### Die geschichtliche Entwicklung des V-Modells

Prof. Dr. Ralf Kneuper

**IUBH Internationale Hochschule**

Main Campus: Bad Honnef

Mülheimer Straße 38

53604 Bad Honnef

Telefon: +49 2224.9605.108

Fax: +49 2224.9605.115

Kontakt/Contact: [k.janson@iubh.de](mailto:k.janson@iubh.de)/[u.wunder@iubh.de](mailto:u.wunder@iubh.de)

**Autorenkontakt/Contact to the author(s):**

*IUBH Internationale Hochschule - Fernstudium*

*Kaiserplatz 1*

*83435 Bad Reichenhall*

Email: [r.kneuper@iubh-fernstudium.de](mailto:r.kneuper@iubh-fernstudium.de)

IUBH Discussion Papers, Reihe: IT & Engineering, Vol. 1/No.1 (2018)

ISSN-Nummer: **2512-319X**

Website: <https://www.iubh.de/hochschule/publikationen/>

# DIE GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG DES V-MODELLS

Ralf Kneuper

**Abstract:**

*The V-Model, in the sense of a V-shaped software process model, was first introduced in 1979 by Boehm as a sequential process model with particular emphasis on the validation and verification of the results. About ten years later, work began in Germany on the V-Model standard which has by now gone through several iterations. This paper starts with an explanation of the different meanings of the term “V-Model”, and continues with a survey of the evolution from V-shaped model to national process standard, against the background of evolution of software engineering in general. In particular, the paper discusses the basic ideas behind the different model variants, and the main changes between the different versions of the German standard V-model leading to the current V-Model XT version 2.1.*

**Keywords:**

V-Modell, V-Modell XT, Vorgehensmodell.

## Einleitung

Thema dieses Beitrags ist die geschichtliche Entwicklung des V-Modells. Bei genauerer Betrachtung stellt man allerdings schnell fest, dass diese Bezeichnung mit zwei bis drei unterschiedlichen Bedeutungen verwendet wird bzw. wurde:

- Der Begriff des V-Modells wurde zuerst eingeführt von Boehm (1979) als ein sequentielles Lebenszyklusmodell, das in V-Form dargestellt wurde, um die in der Entwicklung sicherheitskritischer Systeme besonders wichtigen Schritte der Verifikation und Validation (V&V) entsprechend zu betonen.
- Mittlerweile wird diese Bezeichnung, zumindest im deutschen Sprachraum, in erster Linie für das im Auftrag des Bundes entwickelte Vorgehensmodell verwendet, derzeit in der Variante V-Modell® XT. „V-Modell“ wurde sogar als der Bundesrepublik Deutschland gehörendes Warenzeichen angemeldet, auch wenn es sich bei diesem Modell nur mit Einschränkungen um ein V-förmiges Vorgehensmodell im Sinne von Boehm handelt.
- Für einige Jahre, um 1990 herum, wurde die Bezeichnung, ebenfalls im deutschsprachigen Raum, sogar wiederholt in einer dritten Bedeutung als Abkürzung für „Vorgehensmodell“ verwendet, also auch für Vorgehensmodelle, die nicht die typische V-Form hatte, so z.B. in Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (1989) und Chroust (1992).

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die geschichtliche Bedeutung des V-Modells in den ersten beiden der genannten Bedeutungen. Zur Unterscheidung werden im Folgenden Modelle entsprechend der Beschreibung von Boehm als „V-förmige“ Vorgehensmodelle bezeichnet, während die Bezeichnung „V-Modell“ nur für das V-Modell des Bundes in seinen verschiedenen Versionen verwendet wird.

## V-förmige Vorgehensmodelle

Charakteristisch für V-förmige Lebenszyklusmodelle ist, neben der V-Form, der explizite Bezug zwischen dem linken Arm des V, der die konstruktiven Entwicklungsstufen enthält, und dem rechten Arm, der die Prüf- und Integrations-Entwicklungsstufen enthält. Dabei ist (meistens) jeder Entwicklungsstufe im linken Arm genau eine Stufe im rechten Arm zugeordnet, in der das erstellte Entwicklungsergebnis auf Einhaltung der in der zugeordneten Stufe spezifizierten Vorgaben überprüft wird, siehe Abb. 1 und Abb. 4 für zwei Beispiele. Analog wird das Endergebnis gegen die ursprünglichen Kundenanforderungen validiert. (Die Validierung der Anforderungen selbst wird in V-förmigen Vorgehensmodellen leider meist nicht berücksichtigt.)

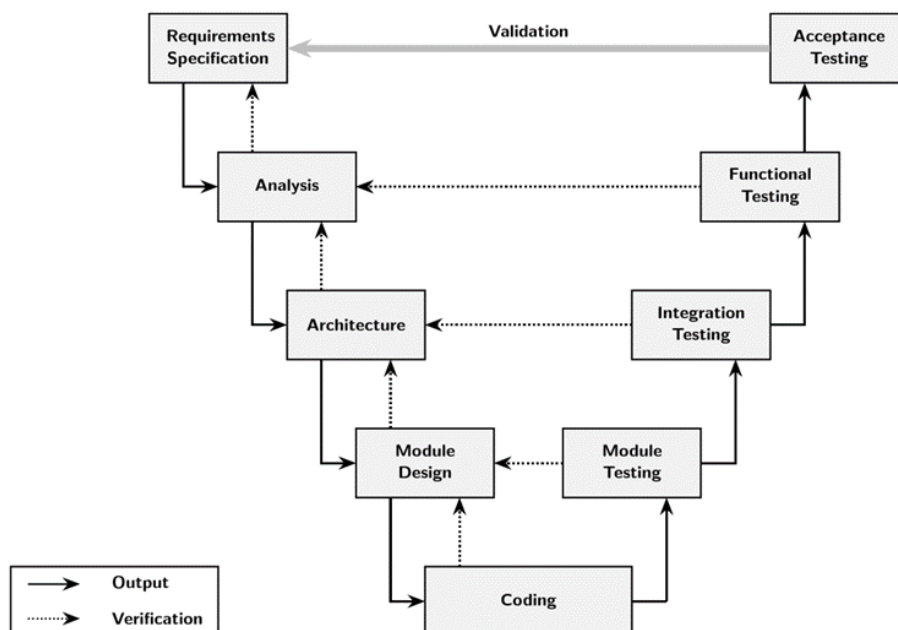


Abb. 1: Ein typisches V-förmiges Vorgehensmodell für die SW-Entwicklung. Quelle: Kneuper (2018), S. 84

Diese Zuordnung von Prüfstufen zu den entsprechenden konstruktiven Entwicklungsstufen war bereits im ersten veröffentlichten Lebenszyklusmodell für die Softwareentwicklung enthalten, dem 1956 bei einer Tagung vorgestellten Modell von Benington (später veröffentlicht als Benington (1983)), allerdings noch nicht in der hier relevanten V-Form.

Die Darstellung in V-Form, um auf diese Weise die Rolle von Verifikation und Validation besser darstellen zu können, wurde zuerst von Boehm (1979) eingeführt. Diese Art der Darstellung hat sich besonders im Umfeld der technischen und speziell der sicherheitskritischen Systeme bald durchgesetzt, mit unterschiedlichen Varianten mit unterschiedlichen im Modell enthaltenen Phasen, ähnlich wie es auch recht unterschiedliche Varianten des Wasserfallmodells gibt. Diese Flexibilität hat auch gerade in der Entwicklung von technischen, aus Soft- und Hardware bestehenden Systemen die Anwendung vereinfacht, denn sie erlaubte es, auf den oberen Ebenen die Entwicklung des gesamten Systems zu betrachten. Aus dem Design des Gesamtsystems werden dann die Anforderungen an die Software abgeleitet, deren Entwicklung im unteren Teil des „V“ beschrieben wird. Die fertige Software wird dann, rechts oben im „V“, in das Gesamtsystem integriert.

Diese gute Unterstützung der Einbindung von Verifikation und Validation und der Integration der SW-Entwicklung in das Gesamtsystem hat daher dazu geführt, dass die Nutzung eines V-förmigen Modells zum verbreiteten Ansatz für die Entwicklung technischer Systeme wurde, insbesondere solcher mit Anforderungen an die funktionale Sicherheit. Auch heute noch wird in vielen Standards zur SW-Entwicklung im Kontext der funktionalen Sicherheit meist die Nutzung eines V-förmigen Modells gefordert oder zumindest erwartet, so z.B. in der Norm IEC 61508, die die funktionale Sicherheit von Steuergeräten behandelt.

Um die Bedeutung des Tests noch stärker hervorzuheben, wurden später verschiedene W-Modelle als Varianten des V-Modells entwickelt, u.a. von Herzlich und später von Spillner. Ein W-Modell besteht aus zwei überlappenden V-Modellen, wobei die Inhalte dieser beiden V sich in den beiden Formen unterscheiden, siehe Abb. 2.

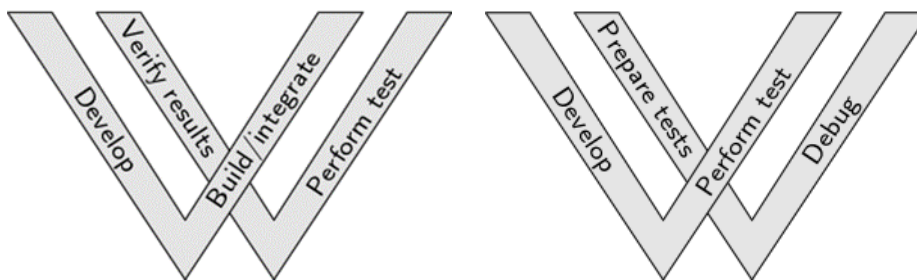


Abb. 2: W-Modell nach Herzlich (links) und nach Spillner (rechts). Quelle: Kneuper (2018), S. 84

Da durch das Konzept eines V-förmigen Vorgehensmodells nur eine einheitliche Grundstruktur definiert wird, kann die konkrete Ausgestaltung innerhalb dieser Grundstruktur sich sehr unterscheiden. Dazu gehören unterschiedliche Startpunkte der Entwicklung (z.B. auf System- oder Software-Ebene), unterschiedliche Phasen innerhalb des Modells, und schließlich unterschiedliche Detaillierungsgrade der Ausgestaltung des Modells, die von einer einfachen Grafik wie in Abb. 1 bis zu einer detaillierten Ausarbeitung der Abläufe, Produkte und Rollen wie im unten beschriebenen V-Modell des Bundes variieren können.

## Das V-Modell des Bundes

Während die V-förmige Darstellung eines Vorgehensmodells im Wesentlichen die graphische Darstellung der Phasen und ihrer V&V-Beziehungen beschreibt, enthält das V-Modell des Bundes wesentlich detailliertere Beschreibungen der Abläufe, Produkte und Rollen, die in der Softwareentwicklung anfallen.

### Entstehung

Ende der 1980er Jahre gab es in vielen Branchen einen Trend zur systematischen Definition und Nutzung von Prozessen und prozessorientiertem Qualitätsmanagement, und Standards wie die ISO 9000er Reihe und ITIL sind in dieser Zeit entstanden. Auch die erste Version des V-Modells des Bundes wurde in dieser Zeit entwickelt, um die gleichen Ideen auf die Softwareentwicklung anzuwenden.

Dieses Modell wurde von der IABG anfangs im Auftrag der Bundeswehr und des Bundesverteidigungsministeriums entwickelt, später auch der Bundesverwaltung und des Bundesinnenministeriums für den zivilen Bereich. Ein

erster Prototyp wurde 1989 unter dem Namen „Vorgehensmodell. Software-Entwicklungsstandard für DV-Anteile in Wehrmaterial“ veröffentlicht, siehe Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (1989).

Seither sind drei Hauptversionen des V-Modells des Bundes erschienen:

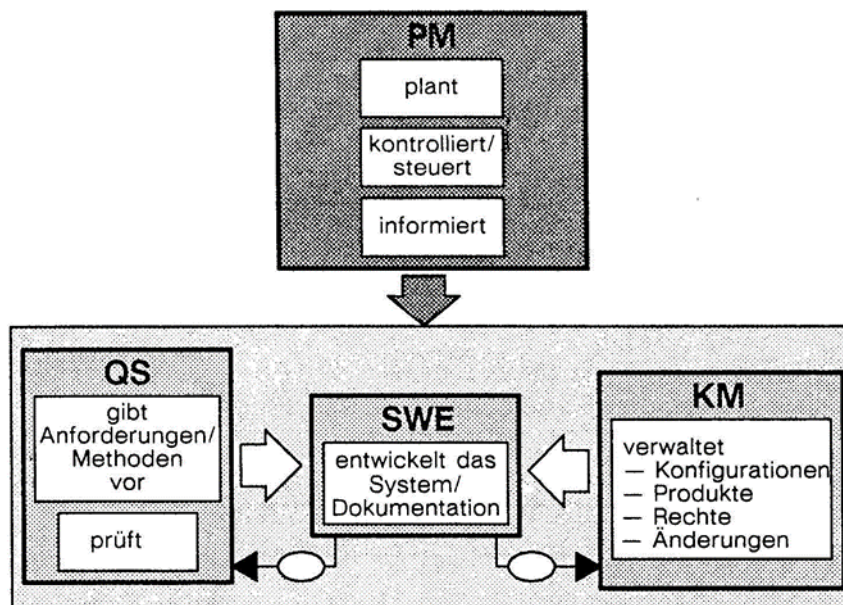
- 1991/92: Software-Entwicklungsstandard V-Modell (bekannt als V-Modell 92)
- 1997: V-Modell 97
- 2005: V-Modell XT

Dieses Kapitel gibt einen detaillierteren Überblick über den Prototyp und diese Hauptversionen.

### Der V-Modell Prototyp von 1989

Der Prototyp von 1989 führte schon eine Reihe von grundsätzlichen Konzepten ein, die auch in den folgenden Hauptversionen beibehalten wurde. Er enthielt die Grundstruktur von Aktivitäten, Produkten und Rollen, die miteinander verbunden waren. Dabei wurde das gesamte Modell in vier Submodelle untergliedert, wie in Abb. 3 dargestellt. Mit geringen Anpassungen blieb diese Untergliederung in Submodelle auch in den Versionen V-Modell 92 und V-Modell 97 erhalten.

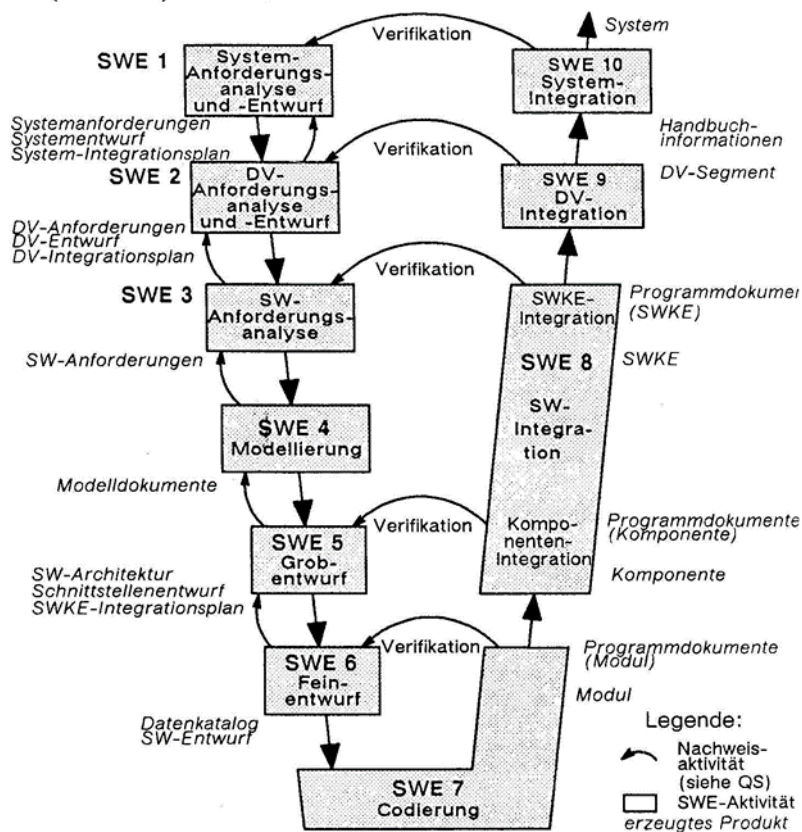
In diesem Modell wurde der Ablauf von Softwareentwicklungsprojekten aus Sicht des Auftragnehmers beschrieben, d.h. der Auftraggeber ist extern, auch wenn dieser externe Auftraggeber ggf. die Einhaltung des Modells einforderte.



*Interaktion der Submodelle*

Abb. 3: Die Submodelle im Prototyp des V-Modells des Bundes. Quelle: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (1989)

Das Submodell Softwareentwicklung (SWE) wurde als V-förmiges Vorgehensmodell dargestellt, siehe Abb. 4, auch wenn wie oben erwähnt die Bezeichnung „V-Modell“ hier noch als Abkürzung für „Vorgehensmodell“ beschrieben wurde.



*Aktivitäten und Produkte im Submodell SWE*

Abb. 4: Das Submodell SWE im Prototyp des V-Modells des Bundes. Quelle: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (1989)

### Das V-Modell 92

Im V-Modell 92 wurden im Wesentlichen die Inhalte des Prototyps verfeinert und ergänzt, und der Bezug auf „Wehrmaterial“ entfernt, um auch für den zivilen Bereich anwendbar zu sein. 1991 wurde das Modell als verbindlicher Standard für Projekte der Bundeswehr eingeführt, 1992 auch für Projekte der Bundesverwaltung.

Neben dem Vorgehensmodell im engeren Sinne enthielt das V-Modell 92 zwei weitere, als separate Dokumente veröffentlichte Komponenten, so dass das Modell aus insgesamt drei Dokumenten bestand:

- *Vorgehensmodell*: beschreibt das „Was?“ (Allgemeiner Umdruck 250)
- *Methodenstandard*: beschreibt das „Wie?“ (Allgemeiner Umdruck 251)
- *Werkzeuganforderungen*: beschreibt das „Womit?“ (Allgemeiner Umdruck 252)

Ziel des Methodenstandards war es, Hilfestellung zu leisten bei der Umsetzung des Vorgehensmodells, ohne dabei konkrete Methoden vorzugeben. Der Methodenstandard enthielt daher Beschreibungen sogenannter Elementarmethoden und deren Zuordnung zu Arbeitsschritten im Vorgehensmodell, so dass Projekte bei der Umsetzung unter verschiedenen Methoden wählen konnten.

Analog enthielt das Dokument „Werkzeuganforderungen“ keine Festlegung, welche Werkzeuge zu nutzen waren, sondern Anforderungen, die für die Werkzeugauswahl genutzt werden sollten.

Um den Bezug zwischen verschiedenen Aktivitäten im Vorgehensmodell herzustellen, begann die Beschreibung einer Aktivität jeweils mit einer tabellarischen Darstellung des Produktflusses, wie im Beispiel in Abb. 5 dargestellt.



von		Produkt	nach		QS	KM
Aktivität	Zustand		Aktivität	Zustand		
extern	-	externe Vorgaben	-	-		
SWE 1.1	in Bearb.	Systemanforderungen.ist-Aufnahme-Analyse	-	-		
-	-	Systemanforderungen.allgemeine Anforderungen	SWE 1.3, SWE 1.4	in Bearb.		
-	-	Systemanforderungen.Entwicklungsumgebung	SWE 1.3, SWE 1.4	in Bearb.		
-	-	Systemanforderungen.system-externe Schnittstellen	SWE 1.3, SWE 1.4	in Bearb.		
SWE 1.4	in Bearb.	Systemanforderungen.funktions-orientierte Anforderungen	SWE 1.3, SWE 1.4	in Bearb.		
SWE 1.4	in Bearb.	Systemanforderungen.daten-orientierte Anforderungen	SWE 1.3, SWE 1.4	in Bearb.		
SWE 1.4	in Bearb.	Systemanforderungen.Funktionsabläufe/Verfahren	SWE 1.3, SWE 1.4	in Bearb.		
SWE 1.3	in Bearb.	Systemanforderungen.Bedrohungs-und Risikoanalyse	-	-		

Abb. 5: Beispiel-Produktfluss „SWE 1.2 Systemanforderungen definieren“. Quelle: Bröhl, Dröschel (1993), S. 4-6

### Das V-Modell 97

Aus der Nutzung des V-Modells 92 entstanden im Laufe der Zeit eine Reihe von Änderungs- und Verbesserungswünschen, die dann zusammen mit der allgemeinen technischen Weiterentwicklung zur 1997 veröffentlichten Version V-Modell 97 führten. Die Grundstruktur des Modells, mit den oben beschriebenen vier Submodellen, den drei Dokumenten-Ebenen Vorgehensmodell, Methodenstandard sowie Werkzeuganforderungen, sowie der Beschreibung der Aktivitäten mit Hilfe des Produktflusses, blieb allerdings unverändert.

Wesentliche Änderungen gegenüber der Vorversion waren:

- Stärkere Einbeziehung von System- sowie Hardwareentwicklung, die im V-Modell 92 nur am Rande betrachtet wurden. Dies führte u.a. dazu, dass das Submodell „Softwareentwicklung (SWE)“ umbenannt wurde in „Systementwicklung (SE)“, und auch das in Abb. 4 gezeigte V-förmige Vorgehen wurde entsprechend angepasst.
- Stärkere Flexibilisierung des Vorgehens, um auch iterative und objektorientierte Entwicklung zu unterstützen. Diese Vorgehensweisen gab es in einfacher Form zwar schon seit den 1960er Jahren, aber in den 1990er Jahren wurden sie wesentlich weiterentwickelt und gewannen erheblich an praktischer Bedeutung, siehe Kneuper (2017).
- Anpassung der verwendeten Terminologie an die Standard-Terminologie von ISO 8402 „Quality – Vocabulary“ (mittlerweile abgelöst von ISO 9000).
- Inhaltliche Überarbeitung, insbesondere des Submodells Projektmanagement sowie Aufteilung der Anforderungen in Anwenderforderungen und technische Anforderungen.

### V-Modell XT

Auch zum V-Modell 97 gab es natürlich im Laufe der Zeit Änderungswünsche sowie parallel dazu eine technologische Weiterentwicklung, insbesondere gewann die agile Softwareentwicklung zu dieser Zeit sehr an Bedeutung, und auch die Werkzeugunterstützung von Vorgehensmodellen war ein viel diskutiertes Thema.

Das führte zu einer erneuten Überarbeitung, die aber sehr viel weiter ging als die Überarbeitungen vom Prototyp zu V-Modell 92 zu V-Modell 97, und zur neuen Version V-Modell XT führte. Dieses wurde zwar als Weiterentwicklung von V-Modell 97 beschrieben, aber de facto handelte es sich um ein komplett neues Modell mit einer völlig anderen Struktur. Unter anderem wurden dabei auch die grundlegende Strukturierung in vier Submodelle, drei Dokumentenebenen und die Nutzung des Produktflusses als Teil der Aktivitätenbeschreibungen von neuen Strukturelementen abgelöst. Erstmals wurde diese Version auch nicht mehr von der IABG, sondern von einem Konsortium aus Hochschulen und Industriepartnern entwickelt, was sicher zu dieser völlig neuen Struktur beigetragen hat. Aus diesem Konsortium ist mittlerweile der Verein WEIT e.V. entstanden, der u.a. für die Pflege des Modells verantwortlich ist.

Die Bezeichnung „XT“ dieses neuen Vorgehensmodells leitet sich aus einem der wesentlichen Ziele des neuen Modells ab und steht für „eXtreme Tailoring“. Auch wenn diese Bezeichnung mehr Anspruch als Realität der

Umsetzung beschreibt, ist die Anpassung des Modells an spezifische Rahmenbedingungen sicher ein wesentlicher Aspekt, der u.a. durch die Definition von Projekttypen, die Gliederung in separat wählbare „Vorgehensbausteine“ sowie die verschiedenen „Projektdurchführungsstrategien“ unterstützt wird.

Insbesondere die letzteren Projektdurchführungsstrategien führen dazu, dass es sich bei einer konkreten Ausprägung des V-Modells XT für ein einzelnes Projekt teilweise nur noch andeutungsweise um ein V-förmiges Vorgehensmodell handelt, so dass das „V“ hier doch wieder eher als Abkürzung für „Vorgehen“ steht als für die Form des Modells.

Ein weiterer Aspekt, der das V-Modell XT von seinen Vorgängern und den meisten anderen Vorgehensmodellen abhebt, ist die starke Berücksichtigung der Rolle des Auftraggebers im Modell, u.a. durch eigene Projekttypvarianten für diese Rolle. Die meisten anderen Vorgehensmodelle betrachten Entwicklungsprojekte nur aus Auftragnehmersicht, und der Auftraggeber hat darin nur eine Nebenrolle als Stakeholder bzw. Lieferant von Anforderungen.

Neben dem neuen Vorgehensmodell selbst wurde mit V-Modell XT eine ganze Infrastruktur für den Einsatz des Modells definiert, die u.a. ein explizit definiertes Metamodell sowie darauf aufbauend den V-Modell XT Assistenten und den V-Modell XT Editor als Werkzeuge zur individuellen Anpassung umfasst, außerdem Schulungen sowie verschiedene Varianten von Zertifizierungen. Mit Ausnahme des Personenzertifikats V-Modell XT® Pro für Projektleiter und QS-Verantwortliche haben sich diese Zertifikate allerdings nicht durchsetzen können.

Ein Risiko der umfangreichen Unterstützung des Tailorings ist es, dass Organisationen das ursprüngliche Modell „bis zur Unkenntlichkeit“ anpassen, so dass das angepasste Modell kaum noch Ähnlichkeit mit dem Ausgangsmodell hat. Dieses Risiko wurde mit dem Zertifikat *Konf* adressiert, das die Konformität eines Vorgehensmodells zu V-Modell XT bescheinigt. Die ursprüngliche Idee dabei war, dass mit diesem Zertifikat Auftragnehmer die Konformität ihres Vorgehensmodells nachweisen können, aber da es kaum Nachfrage der Auftraggeber dazu gibt, gibt es nur einzelne Inhaber dieses Zertifikats.

## Zusammenfassung und heutige Bedeutung

Während in anderen Ländern die Bezeichnung V-Modells relativ eindeutig als V-förmiges Vorgehensmodell interpretiert wird, gibt es im deutschsprachigen Raum drei verschiedene Bedeutungen dieser Bezeichnung, die nicht immer sauber auseinandergehalten werden.

Das 1979 von Boehm eingeführte Konzept der V-förmigen Vorgehensmodelle ist zumindest im Bereich der funktionalen Sicherheit oder allgemeiner der technischen Systeme, vor allem eingebetteter Systeme, weiterhin verbreitet und wird auf Grund seiner Betonung von Verifikation und Validation auch in entsprechenden Standards häufig gefordert. Dieses Konzept der V-förmigen Vorgehensmodelle beschreibt eine einheitliche Phasenstruktur der Modelle, die sich aber in den konkreten Phasen innerhalb dieser Struktur, dem Detaillierungsgrad der Beschreibungen und ggf. den detaillierten Inhalten der Phasen unterscheiden.

Im Gegensatz zur Entwicklung von technischen Systemen geht die Tendenz im Bereich der Informationssysteme dagegen in den letzten Jahren klar zu agilen Vorgehensweisen, und V-förmige Vorgehensmodelle verlieren hier an Bedeutung. Eine Ausnahme hiervon gilt bei öffentlichen Auftraggebern, da hier die Regeln des Vergaberechtes eine agile Vorgehensweise erschweren und teilweise ein Vorgehen gemäß V-Modell XT gefordert wird.

Das V-Modell XT ist die aktuelle Fassung des V-Modells des Bundes, einem detailliert ausgearbeiteten Vorgehensmodell, das sich ursprünglich am V-förmigen Vorgehen orientierte, aber durch die weitreichenden Möglichkeiten zum Tailoring ist das nur noch mit Einschränkungen der Fall. Neben dem Vorgehensmodell selbst gehört zum V-Modell XT eine Reihe unterstützender Produkte, wie Werkzeuge zum Tailoring, Schulungen und Zertifizierungen. Aufgrund dieser Rahmenbedingungen ist das V-Modell XT in Deutschland sehr bekannt, hat aber zumindest außerhalb des öffentlichen Bereiches keine große praktische Bedeutung erreichen können.

## Literaturverzeichnis:

- Benington, Herbert D. (1983) *Production of large computer programs*. IEEE Annals of the History of Computing, Vol. 5/4, S. 350-361.
- Boehm, Barry W. (1979) Guidelines for verifying and validating software requirements and design specifications. In *Euro IFIP 79*.
- Brühl, Adolf-Peter und Dröschel, Wolfgang (1993) Das V-Modell. Der Standard für die Softwareentwicklung mit Praxisleitfaden. Oldenbourg Verlag, München Wien.
- Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (1989) Vorgehensmodell. Software-Entwicklungsstandard für DV-Anteile in Wehrmaterial. Kurzbeschreibung.
- Chroust, Gerhard (1992) Modelle der Software-Entwicklung. R. Oldenbourg Verlag, München Wien.
- Kneuper, Ralf (2017) *Sixty years of software development life cycle models*. IEEE Annals of the History of Computing, Vol. 39/3, S. 41-54.
- Kneuper, Ralf (2018) Software Processes and Life Cycle Models. Springer, Cham.
- WEIT e.V (2015) *V-Modell® XT Zertifizierungsprogramm, Version 2.0*. URL [http://weit-verein.de/wp-content/uploads/2016/12/Zertifizierungsprogramm-VM-XT\\_2.0.doc](http://weit-verein.de/wp-content/uploads/2016/12/Zertifizierungsprogramm-VM-XT_2.0.doc), abgerufen am 19.10.2018).