

# Weiterentwicklung des Digitalen Fernsehens (DVB) – die DVB-x2-Systeme

Reimers, Ulrich

Veröffentlicht in:  
Jahrbuch 2009 der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.141-150



J. Cramer Verlag, Braunschweig

## **Weiterentwicklung des Digitalen Fernsehens (DVB) – die DVB-x2-Systeme\***

ULRICH REIMERS

Institut für Nachrichtentechnik der Technischen Universität Braunschweig,  
Schleinitzstr. 22, D-38100 Braunschweig

### **Kurzfassung**

Das Digitale Fernsehen ist in vielen Teilen der Welt bereits eingeführt [1]. In Europa und vielen anderen Teilen der Welt sind es die Standards der DVB-Familie, die sowohl im Kabel als auch terrestrisch und per Satellit zur Ausstrahlung von Fernseh-, Hörfunk- und Datenrundfunkprogrammen genutzt werden. Die Standards der DVB-Familie werden von einem 1993 gegründeten Industriekonsortium entwickelt, das den Namen „DVB-Projekt“ trägt und derzeit etwa 250 Unternehmen und Forschungsinstitute aus aller Welt zu seinen Mitgliedern zählt. Auch für die Versorgung von Taschenempfängern – insbesondere entsprechend ausgerüsteten Mobilfunktelefonen – gibt es geeignete DVB-Lösungen. Die technische Basis aller dieser Standards stammt aus den frühen 1990er Jahren. Seither ist einerseits die Kenntnis über die Leistungsmerkmale und Grenzen der Übertragungssysteme für Digitalsignale erheblich gewachsen und andererseits ist es möglich geworden, hochkomplexe Algorithmen in Hard- und Software zu realisieren, die zu Beginn der Entwicklung des Digitalfernsehens als nicht wirtschaftlich implementierbar galten. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen entstanden und entstehen Systeme der zweiten Generation für das Digitalfernsehen, die in ihrer Leistungsfähigkeit wesentlich über das hinaus gehen, was bisher weltweit in Betrieb genommen wurde. Über diese Weiterentwicklungen berichtet der vorliegende Beitrag.

### **1. Digitales Fernsehen heute**

Man könnte meinen, mit der Einführung des Digitalfernsehens per Satellit (DVB-S), Kabel (DVB-C) und terrestrischer Ausstrahlung (DVB-T), wie wir es

---

\* Der Vortrag wurde am 12.06.2009 in der Klasse für Ingenieurwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen.

heute bereits kennen und nutzen, sei ein Stand der Technik erreicht, der weitere Entwicklungen kaum mehr sinnvoll erscheinen lässt [2], [3]. Das Gegenteil ist der Fall. Mit ständig wachsender Geschwindigkeit entstehen zum Beispiel Lösungen für Hörfunk, Fernsehen und Datenrundfunk auf dem Handy (Mobile TV-DVB-H / DVB-SH) [4], Fernsehen per Internetzugang (IPTV) oder auch für das Fernsehen hoher Darstellungskraft (High Definition TeleVision-HDTV). Auf der Basis aktueller Forschung sollen bereits in Kürze in manchen Ländern Übertragungssysteme eingeführt werden, die die erste Generation des nun schon beinahe „klassischen“ Digitalfernsehens ablösen können und den theoretischen Grenzen der Übertragungseffizienz so nahe kommen, dass noch weitergehende Verbesserungen dann kaum mehr möglich sein werden. Zu diesen Systemen der zweiten Generation (generell als DVB-x2.0 bezeichnet) gehört als „Pionier“ DVB-S2 [5], das auch in Deutschland sogar bereits genutzt wird und in jedem Digitalempfänger enthalten ist, mit dem HDTV über Satellit empfangen werden kann.

Die Übertragung von HDTV-Programmen ist über die DVB-Systeme der ersten Generation und unter Verwendung der auch bereits „klassischen“ Videocodierung nach MPEG-2 problemlos möglich. Australien ist das Musterbeispiel eines Landes, in dem die DVB-T-Einführung mit dem Start von HDTV verquickt war. Allerdings erlauben die Fortschritte der Videocodierung – erwähnt sei hier insbesondere H.264/AVC/MPEG-4 part10 – eine nennenswerte Erhöhung der Zahl der bei gegebener Datenrate im Übertragungskanal nutzbaren HDTV-Programme. Die Systeme der Generation DVB-x2.0 erhöhen diese Datenrate bei gegebener Kanalbandbreite ganz erheblich. Die Kombination der Effizienzgewinne aus modernster Videocodierung und neuester Übertragungstechnik stellt daher die ideale Lösung in einer Zeit dar, in der der Übergang vom Fernsehen mit Standard-Bildqualität (Standard Definition Television – SDTV) zu HDTV auf breiter Front erfolgen wird.

Nicht behandelt wird in diesem Beitrag das weite Feld des IPTV (Internet Protokoll-basiertes TeleVision). DVB hat hier als eine der ersten Gruppierungen weltweit technische Spezifikationen vorgestellt, die unter der Bezeichnung „DVB-IP Phase 1 Handbook“ weite Verbreitung gefunden haben [6], [7]. Unter anderem wurde im Rahmen der Standardisierung des „Next Generation Network (NGN)“ durch das European Telecommunications Standards Institute (ETSI) eine spezielle Lösung für IPTV entwickelt, die weitgehend auf den DVB-Spezifikationen basiert.

## 2. DVB-S2

Nach der erfolgreichen Markteinführung von DVB-S existieren in diversen Ländern der Erde mehrere 10 Millionen DVB-S-Endgeräte. In Deutschland sind

derzeit gemäß Digitalisierungsbericht 2009 bereits 11,7 Millionen der etwa 37,4 Millionen Fernseh-Haushalte Nutzer dieses Systems [8]. Keiner der derzeit DVB-S nutzenden Satellitenbetreiber ist mit diesem System unzufrieden, aber neu in den Satellitenmarkt drängende Anbieter, insbesondere in USA, stellten im Verlauf des Jahres 2002 zu Recht an das DVB-Projekt die Frage: „Wenn DVB heute einen Satelliten-Übertragungsstandard entwickeln würde, was könnte der mehr leisten als das 10 Jahre alte DVB-S?“. Als Antwort auf diese Anfrage entstand in dem vom Autor dieses Beitrages geleiteten Technical Module des DVB-Projektes eine Technologiestudie, die zeigte, dass eine Kapazitätserhöhung um etwa 30% – im Vergleich zu DVB-S – denkbar sein könnte. Mit dieser Aussage bewaffnet erarbeitete das Commercial Module des DVB-Projektes ein Dokument, welches die kommerziellen Anforderungen an ein neues Übertragungsverfahren dokumentiert. Die hauptsächliche kommerzielle Anforderung war die nach deutlicher Steigerung der Übertragungskapazität und/oder deutlicher Verbesserung der Robustheit des Signals gegenüber Übertragungsfehlern. Eine „deutliche“ Steigerung der Kapazität entspricht hier einem Plus von mindestens 30% gegenüber dem, was DVB-S leisten kann – gemessen bei identischem Kanal-Störabstand. DVB-S2 sollte außerdem Varianten bieten, die es ermöglichen, in einem weiten Bereich möglicher Kanal-Störabstände jeweils mit bestmöglicher spektraler Effizienz zu arbeiten. Gedacht war hier eben auch an professionelle Anwendungen in der Satelliten-Berichterstattung etc. Außerdem wurde eine kostengünstige Implementierbarkeit des neuen Verfahrens schon mit den Technologien des Jahres 2003 gefordert.

In einem komplexen Prozess, der vier weltweit verbreitete Aufrufe zur Einreichung von Systemvorschlägen, sogenannte „Calls for Technology“, eine mehrstufige Simulation der Leistungsmerkmale aller vorgeschlagenen Techniken und eine Analyse der Implementierungs-Komplexität nach standardisiertem Verfahren einschloss, entwickelten die Mitglieder des DVB-Projektes ab Jahresmitte 2002 daraufhin eine Spezifikation, welche die kommerziellen Anforderungen nicht nur erfüllt, sondern durchaus übertrifft [5]. Ihre wichtigsten Leistungsmerkmale kann man wie folgt zusammenfassen: Über einen Bereich möglicher Kanal-Störabstände von 18 dB (-2 dB bis +16 dB) bietet DVB-S2 fein gestufte Systemvarianten, die jede einzelne die Shannon-Grenze, also die theoretische Grenze der Übertragungseffizienz in einem gestörten Übertragungskanal, bis auf einen Abstand von nur jeweils etwa 0,7 dB erreichen. Damit approximiert DVB-S2 die theoretische Leistungsgrenze so perfekt, dass man wohl annehmen darf, dass nie wieder eine Gruppe von Ingenieurinnen und Ingenieuren beauftragt werden wird, ein noch besseres System zu entwickeln. Die Implementierung eines Empfangsbausteines für DVB-S benötigt unter Einsatz von 0,13  $\mu\text{m}$ -Technologie nur etwa 14  $\text{mm}^2$  Siliziumfläche.

Die Spezifikation bietet die Modulationsformen BPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK und 32 APSK zur Auswahl. Als Fehlerschutz wird – anders als bei DVB-S – eine

Verkettung eines BCH-Codes als dem äußeren Fehlerschutz mit einem im Prinzip seit Langem bekannten, nun aber „wieder entdeckten“ und erstmals in Systemen der Unterhaltungselektronik ausreichend kostengünstig implementierbaren Low-Density-Parity-Check-(LDPC-) Code als innerem Fehlerschutz realisiert. Dieser ist bezüglich der Coderate in den Grenzen 1/4 bis 9/10 konfigurierbar. Diese hochmoderne Fehlerschutzcodierung ist einer der Gründe, warum die Internationale Fernmeldeunion (International Telecommunications Union (ITU)) DVB-S2 als den alleingültigen Standard für die zweite Generation des digitalen Satellitenfernsehens standardisiert hat.

Setzt man QPSK als Modulationsform ein und wählt die robusteste Variante des Fehlerschutzes, so ist ein sicherer Betrieb noch bei Störabständen von  $-2\text{dB}$  möglich. Dabei ist das Signal dann also von Rauschen völlig verdeckt. Entsprechend komplex war es, Methoden zu finden, mittels derer auch noch in einem solch anspruchsvollen Betriebszustand die Trägerrückgewinnung und die Synchronisierung erfolgen können. Als Lösung des Problems wurde eine Struktur von Pilotsignalen realisiert.

### 3. DVB-T2

Die Einführung von DVB-T in Deutschland ist abgeschlossen. Seit dem Jahresende 2008 gibt es in unserem Land keine analogen terrestrischen Fernsehsender mehr. In den Haushalten stehen derzeit etwa 17 Millionen DVB-T-Empfänger, die in vielen Fällen in das Display integriert sind und daher nicht mehr als sogenannte Set-Top-Box neben dem eigentlichen Display betrieben werden müssen. Der bereits erwähnte Digitalisierungsbericht 2009 nennt 4,2 Millionen Haushalte, die DVB-T als primären Fernsehempfangsweg nutzen. Gegenüber den Zeiten des analogen terrestrischen Fernsehens mit seiner sehr stark eingeschränkten Programmauswahl wird von einer „Renaissance der Antenne“ gesprochen.

Im Sommer 2008 verabschiedete der Lenkungsausschuss (das Steering Board) des DVB-Projektes die Spezifikation mit dem Titel „Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)“. Diese Spezifikation ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit von ca. 60 Ingenieurinnen und Ingenieuren sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus ca. 45 Firmen weltweit, die ein Jahr lang unermüdlich daran gearbeitet haben, dass aus einem technologischen Konzept ein komplettes System wurde.

Wie bei DVB-T [9], so werden auch bei DVB-T2 die Signale mittels OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) moduliert. Im Laufe der Jahre hat dieses Modulationsverfahren immer mehr Nutzungen gefunden, nicht nur in

Rundfunkstandards (wie DAB, DVB-T, ISDB-T, T-DMB, DVB-H, FLO, DMB-T/H, DVB-SH), sondern auch in Kommunikationstechniken wie WiMAX und bei dem zukünftigen Mobilfunkstandard LTE (Long Term Evolution). DVB-T2 unterstützt etliche OFDM-Varianten von 1k-Trägern (unter effektiver Nutzung von 853 aktiven Trägern, die über das Frequenzband verteilt sind) bis zu 32k-Trägern (unter effektiver Nutzung von bis zu 27.841 Träger) sowie Guard Intervals mit einer relativen Länge von 1/128 bis 1/4. Die maximale Länge des Guard Intervals kann in der Konsequenz 532  $\mu$ s betragen. DVB-T2 kann in Kanälen mit Bandbreiten von 1,7 MHz, 5 MHz, 7 MHz, 8 MHz und 10 MHz angewendet werden.

DVB-T2 unterstützt die Idee einer Standardfamilie aus DVB-C2, DVB-S2 und DVB-T2 unter anderem dadurch, dass es die in Abschnitt 2 bereits vorgestellte Fehlerschutzcodierung einsetzt.

Eine Vielzahl innovativer Ideen ist in die DVB-T2-Spezifikation aufgenommen worden. So werden z.B. Physical Layer Pipes (PLP) unterstützt. PLP ermöglichen die Übertragung verschiedener Dienste innerhalb eines Rundfunkkanals mit jeweils individuell ganz unterschiedlicher Robustheit. So ist also die Übertragung von HDTV-Programmen zu Empfängern mit einer Dachantenne und von SDTV-Programmen zu portablen oder mobilen Empfängern mit kleinen und eingebauten Antennen gleichzeitig möglich, und das zusammen mit zum Beispiel Hörfunkprogrammen, die unter ungünstigsten Bedingungen von Taschengeräten empfangen werden können. Für den letztgenannten Anwendungsfall wird dann nur ein Störabstand von etwa 1 dB benötigt.

Wie DVB-T [9], so ermöglicht auch DVB-T2 den Betrieb von Gleichwellennetzen (Single Frequency Networks (SFN)). In Ländern wie Deutschland decken DVB-T-Netze große Gebiete mit nur einer Frequenz für alle teilnehmenden Sender ab. Gut geplante SFNs schaffen automatisch Netzgewinn, indem sie destruktive Interferenz, wie man sie von analogen Mehr-Sender-Rundfunknetzen kennt, durch konstruktive Interferenz ersetzen: die Signale verschiedener Sender liefern positive Beiträge zu der empfangenen Leistung am Empfangspunkt.

In SFNs arbeiten die einzelnen Sender bei Sendeleistungen von zum Beispiel nur 20 kW. Unter Nutzung des längsten verfügbaren Guard Intervals können mit DVB-T2 landesweite SFNs aufgebaut werden. In diesen tragen noch Signale konstruktiv zu der an der Empfängerantenne erfassten Leistung bei, die auf dem Weg von den einzelnen Sendern im Netz über Strecken eintreffen, die sich um bis zu 170 km unterscheiden.

DVB-T2 unterstützt durch die Nutzung der Multiple-Input-Single-Output (MISO)-Technologie SFNs in bisher unbekannter Art und Weise. MISO erhöht den Netzgewinn in einem SFN, indem – anders als bisher üblich – nicht mehr exakt dieselben Daten von den einzelnen Sendern innerhalb des SFN übertra-

gen werden. Im Gegensatz zu MIMO (Multiple-Input-Multiple-Output-)-Systemen wird nur eine Empfängerantenne benutzt.

Es ist leider völlig unmöglich, alle Neuerungen, die in DVB-T2 zu finden sind, in einem Übersichtsbeitrag über die Weiterentwicklungen des Digitalen Fernsehens vorzustellen. Zu nennen wären mindestens noch Time slicing, Rotated und Delayed Constellations, Multiple Pilot Structures und Future Extension Frames.

Wird DVB-T2 jemals verbessert werden? Wahrscheinlich nicht – es hat die Grenzen des theoretisch Machbaren weitgehend erreicht und ist in der Lage, stationäre, portable und mobile Empfangsgeräte mit Diensten zu versorgen. Der robusteste Modus, den es bei DVB-T2 gibt, benötigt einen Störabstand von nur noch ca. 1 dB, um dennoch perfekten Empfang zu gewährleisten. Die maximale Datenrate, die durch DVB in einem 8 MHz-Kanal ermöglicht wird, liegt bei 50 Mbit/s. Allerdings – die Einführung echter MIMO-Technologie wäre eine mögliche Systemverbesserung, über die man eines Tages noch einmal nachdenken könnte.

Wie sieht der Leistungsvergleich von DVB-T und DVB-T2 aus? Nehmen wir zum Beispiel das deutsche DVB-T-Netz. Eine Einführung von DVB-T2 würde hier zu einem Anstieg der pro Kanal verfügbaren Datenrate von bis zu 96% führen – ohne dass man in leistungsfähigere oder mehr Sender investieren muss und ohne die heute erlebbare Empfangsqualität (portabler Empfang drinnen und draußen, mobiler Empfang in Autos, stationärer Empfang) zu verringern. Damit – und durch Verwendung der bereits erwähnten leistungsfähigsten Verfahren zur Datenratenreduktion von Videosignalen – werden terrestrische Netze unter anderem in die Lage versetzt, HDTV-Programme in praktisch derselben Vielfalt auszustrahlen, die derzeit mit Programmen konventioneller Bildqualität üblich ist. Die Verbesserung der Funkversorgung bei im Vergleich zu DVB-T unveränderter Datenrate lässt sich nur mittels Ergebnissen von Planungsrechnungen aussagekräftig dokumentieren. Diese wurden im Institut für Nachrichtentechnik der TU Braunschweig vielfältig durchgeführt. Ändert man gegenüber DVB-T die Datenrate pro Kanal nicht und nutzt die Einführung von DVB-T2 bei unveränderten Sendernetz-Konfigurationen nur zur Verbesserung der Versorgung, so kann man die versorgte Fläche in etwa verdoppeln.

Und wie könnte DVB-T2 eingeführt werden? Blicken wir zur Beantwortung dieser Frage zunächst noch einmal auf das Satelliten-Digitalfernsehen, das bisher mittels DVB-S übertragen wird. Wer in Deutschland aber HDTV empfangen möchte, wird sich – das wurde bereits erwähnt – dazu einen neuen Satellitenempfänger kaufen müssen, welcher automatisch bereits das System des Satelliten-Digitalfernsehens der zweiten Generation (DVB-S2) nutzt. Zum Beispiel in Großbritannien soll HDTV nun auch terrestrisch über die Dachantenne empfangen werden können. Analog zum Satelliten-Digitalfernsehen in Deutschland wird der entsprechende HDTV-Empfänger dann gleich DVB-T2 beinhalten.

DVB-T2 unterstützt also die Idee einer Standardfamilie aus DVB-C2 – für das Kabelfernsehen (siehe Abschnitt 4) –, DVB-S2 und DVB-T2. Länder, die bisher noch kein terrestrisches Digitalfernsehen nutzen, und dieses zum Beispiel erst ab 2012 einführen wollen, werden vermutlich gleich auf DVB-T2 setzen. Zum einen ist der Gewinn an übertragbarer Datenrate gegenüber dem mit DVB-T Erreichbaren wirtschaftlich reizvoll, zum anderen werden DVB-T2-Empfänger ab dem Jahr 2012 vermutlich zu ähnlich günstigen Kosten zu kaufen sein, wie DVB-T-Empfänger heute.

Die DVB-T2-Spezifikation steht jetzt zur Verfügung. Im Sommer des Jahres 2009 wurde sie ein offizieller ETSI-Standard. Im Dezember 2009 sollen die ersten offiziellen DVB-T2-Ausstrahlungen in Großbritannien starten. In Deutschland ist Anfang Oktober 2009 im nordöstlichen Teil Niedersachsens ein DVB-T2-Netz eingeschaltet worden, mit Hilfe dessen deutsche Programmanbieter, Sendernetzbetreiber und Gerätehersteller im Rahmen eines Modellversuches praktische Erfahrungen mit DVB-T2 sammeln wollen. Die Technische Leitung des Modellversuchs liegt beim Institut für Nachrichtentechnik der TU Braunschweig.

#### 4. DVB-C2

Wenn man den Gedanken der Standardfamilie weiterdenkt, so muss auf DVB-S2 und DVB-T2 auch DVB-C2 folgen. Und tatsächlich: Im Frühjahr 2009 konnten wir die Arbeit an der Spezifikation für diese neue Technik erfolgreich abschließen. Zwar hat das Institut für Nachrichtentechnik der TU Braunschweig stets erhebliche Anteile an den Neuentwicklungen der Systeme für das Digitale Fernsehen gehabt, aber es gab bisher kein System, das so maßgeblich von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus Braunschweig geprägt wurde. Noch im Herbst 2009 leiten wir die Aktivitäten zur Validierung und Verifikation (V&V). Hersteller aus vielen Ländern senden uns ihre Testdatenströme zu, die wir auf einer Simulationsplattform, die im IfN entstanden ist, daraufhin untersuchen, ob die zugesandten Datenströme mit unserer Plattform kompatibel sind. Im Fall von Inkompatibilitäten suchen wir zusammen mit den Herstellern nach den Ursachen, die aus Unklarheiten in der Spezifikation oder Implementierungsfehlern im IfN oder beim Hersteller resultieren können. Auf diese Weise sorgt der V&V-Prozess für eine Stabilisierung der Spezifikation und für unzweideutige Interpretationen.

Die Digitalisierung der Kabelnetze ist in Deutschland nicht so weit fortgeschritten, wie die Digitalisierung des Satelliten- oder gar des terrestrischen Verbreitungsweges. Zwar nutzen etwa 53% (ca. 19,8 Millionen) der Fernsehhaushalte in Deutschland das Kabel, aber nur etwa 6,1 Millionen Kabelhaushalte sehen Digitalfernsehen [8]. Diese Tatsache ist unter anderem darauf zurück zu führen,



dass Kabelnetzbetreiber die Einführung von DVB-T ihren Kundinnen und Kunden gegenüber mit dem Argument begleitet haben: „Bleibt beim Kabel, wir garantieren Euch, dass sich in den Kabelnetzen nichts verändern wird – ihr könnt Eure bisherigen Fernsehgeräte behalten.“ Spätestens mit der Einführung von HDTV werden Kabelkunden aber zum Digitalfernsehen wechseln müssen.

Auch bei DVB-C2 standen zum einen die Vergrößerung der in einem Kanal übertragbaren Datenrate und zum anderen die Anpassung an DVB-S2 und DVB-T2 im Mittelpunkt der Überlegungen. Wie in Abschnitt 2 für DVB-S2 erläutert – und für DVB-T2 natürlich ebenfalls realisiert – basiert die Systementwicklung auf den Ergebnissen einer Technologiestudie, die Grundlage der Erarbeitung von kommerziellen Zieldefinitionen (Commercial Requirements) war. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass schon unter Verwendung von DVB-C in einem einzigen Kabelkanal der Bandbreite 8 MHz Datenraten von bis zu 51 Mbit/s übertragen werden können – etwa so viel also, wie mittels DVB-T2 in einen terrestrischen Kanal derselben Bandbreite hineinpasst. Die HDTV-Einführung unter Nutzung von DVB-C ist daher problemlos möglich. Andererseits wollen Kabelnetzbetreiber aber auch in die Lage versetzt werden, „On-Demand“-Dienste, und zwar in HDTV-Qualität, anzubieten, wofür in ihren Netzen dann sehr große Datenraten von beispielsweise 70 bis 80 Mbit/s pro Fernsehkanal erwünscht sind.

Anders als bei DVB-C ist für DVB-C2 das bisher hauptsächlich von terrestrischen Übertragungskanälen bekannte OFDM zum Zuge gekommen. Hierbei haben wir die „absolute OFDM“ erfunden, die einer der Gründe dafür ist, dass die Festlegung von festen Kanalbandbreiten in einem Kabelnetz aufgegeben werden kann. Der Empfänger besitzt zwar noch eine feste Empfangs-Bandbreite, er kann jedoch in einem Frequenzkontinuum nach dem von ihm zu empfangenden Diensten und Programmen suchen. Dieser innovative Schritt vermeidet die bisher an den Kanalgrenzen vorhandenen Lücken und erhöht erneut die in einem Kabelnetz mögliche Datenrate.

## 5. Zusammenfassung

Die Weiterentwicklung des Digitalfernsehens ist in vollem Gang. Während in vielen Ländern der Erde die Systeme der ersten Generation bereits eingeführt sind oder gerade eingeführt werden, entstanden mit DVB-S2, DVB-T2 und DVB-C2 bereits die Systeme der zweiten Generation. Diese werden zum einen für spezielle Anwendungen des Digitalfernsehens Verwendung finden – zum Beispiel für HDTV –, zum anderen aber vermutlich in den Ländern eingeführt werden, die erst in einigen Jahren den Umstieg vom analogen zum Digitalfernsehen vollziehen wollen.

In Deutschland ist die Einführung von DVB-S2 beschlossene Sache, denn die Satellitenausstrahlung von HDTV-Programmen basiert auf DVB-S2. Eine Einführung von DVB-T2 ist noch nicht konkret abzusehen, denn die terrestrische Übertragung von HDTV-Fernsehprogrammen ist in unserem Land derzeit noch kein ernsthaft verfolgtes Thema. Es gibt allerdings erste Überlegungen für einen Start im Jahr 2013. Für die Einführung des brandneuen Systems DVB-C2 in die Kabelnetze haben sich mittlerweile große Unternehmen der Kabelbranche ausgesprochen – darunter der große deutsche Kabelnetzbetreiber Kabel Deutschland GmbH (KDG). Ab 2012 dürfte es mit DVB-C2 losgehen.

## 6. Danksagungen

Seit dem Beginn der ersten Aktivitäten zur Entwicklung des Digitalfernsehens haben im Rahmen des DVB-Projektes viele hundert Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus mehr als 300 Unternehmen und Forschungsinstituten mit großer Begeisterung und Intensität daran mitgewirkt, die Systeme der ersten und nun auch der zweiten Generation Realität werden zu lassen. All denjenigen sei herzlich gedankt.

Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Nachrichtentechnik der TU Braunschweig danke ich für ihre großartigen Beiträge und Erfindungen – gerade auch im Zusammenhang mit den aktuellen Arbeiten des DVB-Projektes und für die vorzügliche Unterstützung meiner Arbeit als Chairman des DVB Technical Module.

## 7. Literatur

- [1] HIRAKAWA, S., U. REIMERS, J. WHITACKER & Y. WU (2006): Overview of Digital Television Development Worldwide. Proceedings of the IEEE **94/1**: 8-21.
- [2] REIMERS, U. (2006): DVB – The Family of International Standards for Digital Video Broadcasting. Proceedings of the IEEE **94/1**: 173-182.
- [3] REIMERS, U. (2008): DVB-Digitale Fernsehetechnik. Datenkompression und Übertragung. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- [4] FARIA, G., J.A. HENRIKSSON, E. STARE & P. TALMOLA (2006): DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices. Proceedings of the IEEE **94/1**: 194-209.
- [5] MORELLO, A. & V. MIGNONE (2006): DVB-S2: The Second Generation Standard for Satellite Broadband Services. Proceedings of the IEEE **94/1**: 210-227.
- [6] STIENSTRA, A.J. (2006): Technologies for DVB Services on the Internet. Proceedings of the IEEE **94/1**: 228-236.

- [7] MURRAY, K. (2007): Standardising IPTV – The DVB Approach. DVB World Conference, Conference Proceedings (auf CD-ROM).
- [8] Kommission für Zulassung und Aufsicht der Landesmedienanstalten: Digitalisierungsbericht 2009, Vistas-Verlag, ISBN 978-3-89158-506-1.
- [9] LADEBUSCH, U. & C.A. LISS (2006): Terrestrial DVB (DVB-T): A Broadcast Technology for Stationary Portable and Mobile Use. Proceedings of the IEEE **94/1**: 183-193.