



HandyTicket-Fahrausweise des VRR im VDV-Barcode

Ein Kompendium zur Dekodierung



1 Versionslog

Version Nr.	Änderungen	Autoren	Fertig gestellt
0.1	Erstentwurf	Omers	24.4.2009
0.2	Review Pieper, redaktionelle Änderungen, Schwerpunkt Kapitel „Grundlagen“	Pieper, Omers	27.4.2009
0.3	Einarbeitung der Hinweise von Lutgen und Gadau	Omers	30.4.2009
0.5	Aufnahme der Passage zu Zertifikaten und Schlüsseln in Kapitel „Sicherheitsarchitektur“	Lutgen, Omers	12.5.2009
1.0	Qualitätskontrolle, redaktionelle Änderungen, Formatierung	Omers	18.5.2009
1.1	Anmerkungen Flesch, Kapitel „Grundlagen“, „Die statische Berechtigung (BS)“, „Die Struktur des VDV-Barcodes“ und „Literatur“	Pieper, Omers	24.7.2009
1.2	Redaktionelle Änderungen im Kapitel „Die statische Berechtigung (BS)“ auf Hinweis Flesch	Pieper, Omers	24.8.2009
1.3	Anpassung an die endgültige Spec BS vom 16.11.2009, neu: Dekodierung aller strukturierten Datenfelder, neu: Schlüsselverteilung im VDV-Piloten	Pieper, Omers	8.2.2010
1.4	Änderung der Interpretation des Feldes efsStartort, Redaktionelles	Omers	12.2.2010

2 Inhalt

2.1 Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1 Versionslog	2
2 Inhalt	3
2.1 Inhaltsverzeichnis	3
2.2 Tabellenverzeichnis	3
3 Abkürzungen	4
4 Grundlagen	5
5 Sicherheitsarchitektur.....	6
5.1 Schlüsselverteilung im VDV-Pilotbetrieb.....	7
6 Die statische Berechtigung (BS)	8
6.1 berBerechtigung_ID	10
6.2 prodProdukt_ID.....	10
6.3 berGueltigkeitsbeginn, berGueltigkeitsende und logTransaktionsZeitpunkt	11
6.4 efsFahrgastGeburtsdatum	11
6.5 efsStartort_ID.....	11
6.6 efsViaOrte_ID1	12
6.7 logTerminal_ID.....	12
7 Die Struktur des VDV-Barcodes.....	13
8 Literatur	15

2.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Die statische Berechtigung mit VRR-konformen Inhalten	8
Tabelle 2 Struktur des VDV-Barcodes	13

3 Abkürzungen

BS	Statische Berechtigung / Gegenstück des EFS in statischen Nutzermedien nach KA
EFS	Elektronischer Fahrschein nach KA
KA	VDV-Kernapplikation
NRW-KA-EFS	Elektronischer Fahrschein der Verbände VGN, VRR und VRS auf Basis der KA
PK	Public key, öffentlicher Schlüssel eines asymmetrischen Verschlüsselungsverfahrens
RSA	ein asymmetrisches Kryptosystem, das sowohl zur Verschlüsselung als auch zur digitalen Signatur dienen kann
Spec BS	Spezifikation statische Berechtigung, künftige Spezifikation der VDV KA
VDV KA KG	VDV Kernapplikations GmbH & Co. KG

4 Grundlagen

Dieser Text beruht auf zwei bestehenden Standards:

- Der Spezifikation des VDV-Barcodes und
- der Spezifikation des NRW-KA-EFS.

Der VDV-Barcode wurde am 16. November 2009 von der VDV KA KG als „Spezifikation statischer Berechtigungen“ (Spec BS) heraus gegeben. Die VDV AG „Standardisierung der VDV KA“ hatte die ersten Versionen dazu erarbeitet.

Beide Normen hängen stark von der VDV-Kernapplikation ab. Die Spec BS ist vom VDV-KA-ReferenzEFS abgeleitet. Der NRW-KA-EFS ist ein EFS für den Einsatz in VGN, VRR und VRS.

Der NRW-KA-EFS ist seit der Migration der VGN, des VRS und des VRR zur Kernapplikation im Einsatz. Er ist im Dokument „Migration zur VDV-Kernapplikation – Aufbau des NRW-KA-EFS und Konvertierungsregeln“ des KCEFM spezifiziert.

Der Speicherplatz des VDV-Barcodes, welcher unter anderem auf einem Handy-Display Platz finden muss, ist beschränkt. Daher muss die statische Berechtigung (BS) mit weniger Speicherplatz auskommen, als ein VDV-KA-ReferenzEFS.

Zudem ist der VDV-Barcode auf eine einzelne BS, welche über die Lebensdauer des Barcodes nicht verändert wird, beschränkt. Dies führte dazu, dass etliche Datenfelder des VDV-KA-ReferenzEFS nicht in die statische Berechtigung übernommen werden mussten.

Die Daten einer BS sowie zugehörige Signatur- und Steuerungsdaten werden in einem Aztec-2D-Barcode abgelegt.

Es gibt drei Varianten des VDV-Barcodes. Sie enthalten die gleiche BS-Datenstruktur. Die hier geschilderte Variante ist die ohne Zertifikat, weil nur sie klein genug für die Abbildung eines Aztec-Barcodes im Handy ist. Die anderen Varianten sind für Medien mit größerer Fläche und damit größerem Speicherplatz im 2D-Barcode vorgesehen.

Allen Varianten gemein ist, dass sie gegen das Zertifikat geprüft werden müssen. In der hier geschilderten Variante muss demnach das Zertifikat auf anderem Wege in den Prüfprozess eingebracht werden.

5 Sicherheitsarchitektur

Im vorigen Kapitel wurde bereits erklärt, dass das Zertifikat zur Prüfung einer BS in den Prüfungsvorgang eingebracht werden muss. In der Praxis bedeutet dies, dass das Prüfgerät das entsprechende Zertifikat laden und gespeichert halten muss.

Um Prüfungen durchzuführen, muss das Prüfgerät grundsätzlich mit folgenden Zertifikaten ausgestattet werden:

- das Root-CA-Zertifikat der VDV-PKI sowie
- die vier Sub-CA-Zertifikate (im ISO 9796 Format) der VDV-PKI.

Da das Root-CA-Zertifikat ein „Selbstzertifikat“ ist, muss dieses authentisch von der „Quelle“ (KA KG oder Trust Center) beschafft und im Prüfgerät so abgelegt werden, dass es gegen Manipulation bzw. Austausch geschützt ist. Beim Laden der Sub-CA-Zertifikate in das Prüfgerät müssen deren Authentizität mit dem bereits geladenen öffentlichen Root-Schlüssel geprüft werden.

Bzgl. der Gestaltung der nun zu prüfenden statischen Berechtigungen (z.B. aus einem 2D Barcode Ticket gewonnen) gibt es folgende zwei Varianten:

1. die Berechtigung ist nur mit einer Signatur des Ausgebers versehen und die CHR des verwendeten Signaturschlüssels ist angehängt bzw.
2. die Berechtigung ist mit einer Signatur des Ausgebers versehen und das Zertifikat des verwendeten Signaturschlüssels ist angehängt.

Diese Gestaltung hat folgende Konsequenzen für die Prüfung von entsprechenden Berechtigungen.

Im ersten Fall muss das Prüfgerät zusätzlich das Zertifikat des verwendeten Signaturschlüssels über einen anderen Weg beschaffen oder bereits geladen haben. Das richtige Zertifikat ist dabei über die mit der Berechtigung bereitgestellte CHR identifizierbar. Die Authentizität dieses Zertifikats muss beim Laden in das Prüfgerät mit dem entsprechenden bereits geladenen Sub-CA-Zertifikat geprüft werden.

Im zweiten Fall prüft das Gerät das mit der Berechtigung gelieferten Zertifikat mit dem entsprechenden bereits geladenen Sub-CA-Zertifikat. Im Gutfall wird der aus dem gelieferten Zertifikat gewonnene öffentliche Schlüssel verwendet, um die Berechtigung zu prüfen. Hierbei muss das Gerät auch entsprechende Parameter des Zertifikats auf Gültigkeit bzw. Zulässigkeit prüfen. Dies ist in der Spezifikation statischer Berechtigungen der VDV-KA KG beschrieben.

Um die als HandyTicket ausgegebenen Fahrausweise gegen komplette und Teilfälschungen zu sichern, werden die Inhalte mit einer digitalen Signatur abgesichert. Dazu wird ein Hashwert mit dem SHA-1-Algorithmus über die Ticketdaten gebildet. Hashwert und Teile der Fahrausweisdaten werden dann verschlüsselt. Dabei wird das RSA-Verfahren mit einer Schlüssellänge von 1024 Bit zum eingesetzt.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Textes werden HandyTickets im VRR nicht gesperrt. Sollte der VRR beschließen, Sperrungen von HandyTickets oder anderen 2D-Barcode-Tickets zu ermöglichen, so müsste die statische Berechtigung auch gegen die VRR-Sperrliste geprüft werden.

5.1 Schlüsselverteilung im VDV-Pilotbetrieb

Im Pilotbetrieb des VDV-HandyTickets bestehen die Mechanismen der VDV-KA-KG zur Verteilung von Zertifikaten noch nicht. Zur Entschlüsselung des Zertifikates steht der öffentliche Signaturschlüssel auf der Website des Kompetenzzentrum EFM bereit. Unter dem Navigationspunkt „Intern“ gelangt man nach Authentifizierung in den internen Bereich. Dort führt der Menüpunkt „Schlüssel HandyTicket“ zum Download.

Die dort herunter zu ladende ZIP-Datei enthält drei Dateien:

- RAW_RSAPrivKey.key – Datei mit den binären Daten des Schlüssels
- PKCS8_RSAPrivKey.key – Datei mit dem Schlüssel im PKCS #8-Format
- RSAPrivKey.key – Java-Klasse mit den Daten des Schlüssels

Die Schlüsseldaten in den drei Dateien sind gleich. Sie unterscheiden sich lediglich in der Präsentation. Hersteller von Prüfgeräten oder –software können sich für die Auswertung einer der drei Dateien entscheiden.

6 Die statische Berechtigung (BS)

In der folgenden Tabelle ist die statische Berechtigung wieder gegeben. Die Spalten „Datenelement“ und „Länge Byte“ spiegeln die Spezifikation der statischen Berechtigung. Die beiden rechten Spalten geben Hinweise zur Abbildung von VRR-Fahrausweisen.

Alle referenzierten Datenelemente und Formate sind, soweit nicht explizit erklärt, in der VDV-KA-Spezifikation im Teil „Hauptdokument mit Basisobjektmodell (BOM)“ (Spec HD BOM) definiert.

Tabelle 1 Die statische Berechtigung mit VRR-konformen Inhalten

	Datenelement	Länge Byte	Hinweis zum Inhalt (Ticketausgabe)	Hinweise zum Inhalt (Ticketkontrolle)
Verzeichniseintrag – Berechtigung	berBerechtigung_ID (Struktur „Berechtigung_ID“)	6	eindeutige Nummer der Berechtigung und Org-ID des KVP	
	prodProdukt_ID (Struktur „EFMPProdukt_ID“)	4	Servicekennung-100000 und Org-ID des VRR	
	berGueltigkeitsbeginn	4	Siehe DateTimeCompact	
	berGueltigkeitsende	4	Siehe DateTimeCompact	
Separate Daten – Berechtigung – Statischer produktspezifischer Teil	Tag „Separate Daten – Berechtigung – Statischer produktspezifischer Teil“	1	0x85	
	Länge „Separate Daten – Berechtigung Referenz EFS – Statischer produktspezifischer Teil“	1	0x40	
	berBezahlArt	1	Siehe BezahlArt_CODE	
	efsFahrgastTyp	1	Siehe KundenTyp_CODE	
	efsFahrgastNameVorname	17	Hier wird der Kontrollmedientyp gefolgt von der Kontrollmediennummer eingetragen	Korrespondiert mit dem Feld „Name“ im NRW-KA-EFS
	efsFahrgastGeschlecht	1	siehe Geschlecht_CODE	Korrespondiert mit dem Feld „kundeGeschlecht“ im NRW-KA-EFS
	efsFahrgastGeburtsdatum	4	siehe Format Datef	Korrespondiert mit dem Feld „kundeGeburtsdatum“ im NRW-KA-EFS
	efsMitnahme1 (Struktur „Mitnahme“)	2	unbenutzt (0)	
	efsMitnahme2 (Struktur „Mitnahme“)	2	unbenutzt (0)	
	efsVerkehrsmittelKategorie.	1	Siehe TransportmittelKategorie_CODE	
	efsServiceKlasse	1	siehe ServiceKlasse_CODE	Korrespondiert mit dem Eintrag „1K“ im Feld „Zusätze“ im NRW-KA-EFS
	efsStartort_ID (Struktur „Ort_ID“)	6	Reihenfolge: OrtTyp = 202 dez (Verweis auf Liste) [1 Byte] OrtNummer = sechsstellige dezimale Raumnummer als Hexzahl [3 Byte] Org-ID = 70 dez (VRR) [2 Byte]	Korrespondiert mit dem Feld „Preisstufe“ im NRW-KA-EFS Die Raumnummer setzt sich aus dem Zeichen „R“ und der in eine sechsstellige Dezimalzahl umgewandelten OrtNummer zusammen

	Datenelement	Länge Byte	Hinweis zum Inhalt (Ticketausgabe)	Hinweise zum Inhalt (Ticketkontrolle)
	efsZielort_ID (Struktur „Ort_ID“)	6	unbenutzt (0)	
	efsViaOrte_ID1 (Struktur „Ort_ID“)	6	Wenn Venlo-Zuschlag vorhanden: Reihenfolge: OrtTyp = 16 dez (Tarifgebiet) [1 Byte] OrtNummer = 0x564C00 (ASCII-Codierung VL) [3 Byte] Org-ID = 70 dez (VRR) [2 Byte] sonst unbenutzt (0)	Korrespondiert mit dem Eintrag „VL“ im Feld „Zusätze“ im NRW-KA-EFS
	efsViaOrte_ID2 (Struktur „Ort_ID“)	6	unbenutzt (0)	
	efsViaOrte_ID3 (Struktur „Ort_ID“)	6	unbenutzt (0)	
	efsPreis	2	unbenutzt (0)	
	efsMehrwertsteuer	2	unbenutzt (0)	
Allgemeine Transaktionsdaten	logTransaktionsOperator_ID	2	Org-ID des KVP	
	logTerminal_ID (Struktur „Terminal_ID“)	5	wird durch HandyTicketSystem-Betreiber festgelegt	
	logTransaktionsZeitpunkt	4	siehe DateTimeCompact	Korrespondiert mit dem Feld „berErstellungszeitpunkt“ im NRW-KA-EFS
	TransaktionsOrtID (Struktur „Ort_ID“)	6	wird durch HandyTicketSystem-Betreiber festgelegt	
Transaktion Produktspezifischer Teil	Tag „Transaktion Produktspezifischer Teil“	1	0x8A	
	Länge „Transaktion Produktspezifischer Teil – Referenz EFS“	1	0x01	
	efsVerkehrsmittelKategorie	1	Siehe TransportmittelKategorie_CODE	
Ausgabe Berechtigungen	berProdLogSAMSeqNummer	4	Es handelt sich hierbei um den Wert des Nutzungs-Sequenz-Zählers zu dem unten referenzierten Masterkey MKPV-KM-MAC des SAM, der sich in den letzten 4 Byte des entsprechenden Rekords des EF_Schlüssel-Info befindet, siehe (2). Dieser Wert wird vom SAM eingetragen. sonst unbenutzt (0)	
Schlüsselversion - Berechtigung	Version MKPV-KM-MAC	1	(wird vom SAM eingetragen) sonst unbenutzt (0)	
Ausgabe-transaktionskennung	SamSequenznummer	4	wird durch SAM eingetragen sonst unbenutzt (0)	
	SAM_ID.samNummer	3	wird durch SAM eingetragen sonst unbenutzt (0)	

	Datenelement	Länge Byte	Hinweis zum Inhalt (Ticketausgabe)	Hinweise zum Inhalt (Ticketkontrolle)
	Füllbytes, die die Lücke füllen bis 116 Byte Länge erreicht sind	0		
	Kennung (ASCII)	3	VDV	Feste Bezeichnung zur Erkennung der statischen Berechtigung nach VDV-KA
	Version (BitString(16))	2	0x1106	VDV-KA Versionsnummer (zur Zeit 1.106)

Die Datenelemente, welche selbst aus weiteren Segmenten bestehen, sind im Folgenden detailliert erklärt.

6.1 berBerechtigung_ID

berBerechtigung_ID wird strukturiert wie Berechtigung_ID. Der Beispielwert 89F6003C0029 hex wird danach wie folgt zerlegt und ausgewertet:

	berechtigungNummer				Kvp_ID (OrgID)	
Hexadezimal	89	F6	00	3C	00	29
Wert	2314600508 dez				OrgID:41 = EVAG	

6.2 prodProdukt_ID

Diese Struktur entspricht EFMProdukt_ID. Die Produktnummer wird durch Addition von 100000 in eine Servicenummer gewandelt. Das Produkt ist unter dieser Nummer in den EFM-Daten des VRR zu finden. Der Wert 294A0046 hex ergibt:

	produktNummer		pv_ID (OrgID)	
Hexadezimal	29	4A	00	46
Wert	10570 = Servicennr. 110570 (EinzelTicket)		OrgID:70 = VRR	

Die Servicenummer referenziert Tabelle „3. Liste der Tickettypen“ in den VRR EFM-Daten (hier: VRR-EFM-Daten-2009-12-18.xls).

6.3 berGueltigkeitsbeginn, berGueltigkeitsende und logTransaktionsZeitpunkt

Die drei Zeitangaben berGueltigkeitsbeginn, berGueltigkeitsende und logTransaktionsZeitpunkt sind als DateTimeCompact-Strukturen ausgelegt. Sie werden, hier mit dem Beispielwert 28397062 hex, wie folgt interpretiert:

	DateCompact			TimeCompact		
Hex	28		39	70		62
Bin	00101000		00111001		01110000	
	0010100	0001	11001	01110	000011	00010
Wert	20	1	25	14	3	4
	1990+20=2010			25.1.2010		
				14:03:04		

6.4 efsFahrgastGeburtsdatum

Dieses Feld entspricht dem Format Datef. Der Wert 19880605 hex entspricht dem 5. Juni 1988.

6.5 efsStartort_ID

efsStartort entspricht der Struktur Ort_ID.

Hier ist ein Beispiel mit dem Hexwert CA01AE780046 für die Kodierung der Raumnummer R110200 im Feld efsStartort_ID wieder gegeben:

	OrtTyp	OrtNummer			Org-ID	
Hexadezimal	CA	01	AE	78	00	46
Wert	202dez = areaList_ID	110200dez (= „R110200“ – „R“) =Preisstufe A2, Tarifgebiete 35, 45 entspricht Essen Mitte/Nord und Essen Süd			70dez = OrgID VRR	

Preisstufe und zugehörige Tarifgebiete ergeben sich aus der Tabelle „5. Liste der Relationen“ der VRR EFM-Daten (hier: VRR-EFM-Daten-2010-02-02.xls). Die Namen der Tarifgebiete können der Tabelle „4. Liste der Tarifgebiete“ in der gleichen Datei entnommen werden.

Diese Interpretation von Ort_ID gilt ausschließlich für den OrtTyp 202 = areaList_ID (Siehe Spec HD BOM, OrtsTyp_CODE).

6.6 efsViaOrte_ID1

efsViaOrte_ID1 entspricht der Struktur Ort_ID.

Hier der Feldinhalt für den Venlo-Zuschlag:

	OrtTyp	OrtNummer			Org-ID	
Hexadezimal	10	56	4C	00	00	46
Wert	16dez = Gebiet	ASCII-String VL für Venlo-Zuschlag			OrgID VRR = 70dez	

Diese Interpretation von Ort_ID gilt ausschließlich für den OrtTyp 16 = Gebiet (Siehe Spec HD BOM, OrtsTyp_CODE).

6.7 logTerminal_ID

logTerminal_ID entspricht der Struktur Terminal_ID. Diese ist normalerweise wie folgt zusammengesetzt (Beispieldaten):

	terminalTyp	terminalNummer		terminalOwner_ID	
Hexadezimal	89	F6	10	00	01
Wert	137 unbekannter Typ	62992		Org-ID 1 = unbekannt	

Der Wert ist im BS hier dennoch zulässig, da er vom Betreiber festgelegt werden kann.

7 Die Struktur des VDV-Barcodes

Die statische Berechtigung ist nicht eins zu eins in dem Aztec-2D-Barcode abgebildet.

Der Barcode hat folgende Parameter:

- Error Correction Level: 23%
- Kantenlänge: 49 Module
- Modulbreite: 3 Pixel
- Encoding: binary
- Margin: 0
- Padding: PCS#1

Um die Daten der BS gegen Verfälschung oder Ausgabe durch nicht autorisierte Stellen zu sichern, werden Teile der BS in eine Signatur aufgenommen. Die dabei angewandte moderne asymmetrische Kryptographie verhindert Fälschungen und unbemerkte Änderungen von BS. Die Berechnung der Signatur erfolgt gemäß ISO 9796-2 Schema 1.

Folgende Tabelle zeigt die Anordnung aller Datenelement, welchem im VDV-Barcode eines VDV-HandyTicket abgelegt sind:

Tabelle 2 Struktur des VDV-Barcodes

Datenelement	Länge Byte	Element BS	Länge Byte	Bemerkungen
Tag Signatur	1			Wert 0x9e
Länge Signatur	2			Wert 0x8180
Signatur	128	Hashwert (SHA-1) über gesamte BS	22	Hashwert und Daten der statischen Berechtigung (BS) (siehe Kapitel 6) Achtung: Die Elemente liegen NICHT klarschriftlich an den hintereinander liegenden Speicherstellen, sondern sind in diesem Block gemeinsam verschlüsselt!
		berBerechtigung_ID (Struktur „Berechtigung_ID“)	6	
		prodProdukt_ID (Struktur („EFMProdukt_ID“))	4	
		berGueltigkeitsbeginn	4	
		berGueltigkeitsende	4	
		Tag „Separate Daten – Berechtigung – Statischer produktspezifischer Teil“	1	
		Länge „Separate Daten – Berechtigung Referenz EFS – Statischer produktspezifischer Teil“	1	
		berBezahlArt	1	
		efsFahrgastTyp	1	
		efsFahrgastNameVorname	17	
		efsFahrgastGeschlecht	1	
		efsFahrgastGeburtsdatum	4	
		efsMitnahme1 (Struktur „Mitnahme“)	2	
efsMitnahme2 (Struktur „Mitnahme“)	2			

Datenelement	Länge Byte	Element BS	Länge Byte	Bemerkungen
		efsVerkehrsmittelKategorie	1	
		efsServiceKlasse	1	
		efsStartort_ID (Struktur „Ort_ID“)	6	
		efsZielort_ID (Struktur „Ort_ID“)	6	
		efsViaOrte_ID1 (Struktur „Ort_ID“)	6	
		efsViaOrte_ID2 (Struktur „Ort_ID“)	6	
		efsViaOrte_ID3 (Struktur „Ort_ID“)	6	
		efsPreis	2	
		efsMehrwertsteuer	2	
		logTransaktionsOperator_ID	2	
		logTerminal_ID (Struktur „Terminal_ID“)	5	
		logTransaktionsZeitpunkt	4	
		TransaktionsOrtID (Struktur „Ort_ID“)	6	
		Tag „Transaktion Produktspezifischer Teil“	1	
		Länge „Transaktion Produktspezifischer Teil – Referenz EFS“	1	
		efsVerkehrsmittelKategorie	1	
		berProdLogSAMSeqNummer Höherwertige Bytes	2	
Tag restliche Ticketdaten	1			Wert 0x9a
Länge restliche Ticketdaten	1			Wert 0x0F
		berProdLogSAMSeqNummer Niederwertige Bytes	2	Restliche Daten der statischen Berechtigung (BS) (siehe Kapitel 6)
		Version MKPV-KM-MAC	1	
		SamSequenznummer	4	
		SAM_ID.samNummer	3	
		Füllbytes, die die Lücke füllen bis 116 Byte Länge erreicht sind	0	
		Kennung (ASCII)	3	
		Version (BitString(16))	2	
Tag Signaturschlüssel	2			Wert 0x5f20
Länge Signaturschlüssel	1			Wert 0x0c
CHR	12			Aus dem Zertifikat des Signaturschlüssels

8 Literatur

Migration zur VDV-Kernapplikation – Aufbau des NRW-KA-EFS und Konvertierungsregeln
Version 1_7
KCEFM 2007

Tarifstrukturreform im VRR – Umsetzung im Bereich EFM
Version 1_4
KCEFM 2008

VRR-EFM-Daten
VRR-EFM-Daten-2010-02-02.xls
KCEFM 2009

VDV-Kernapplikation – Spezifikation statischer Berechtigungen – 2D-Barcode-Tickets
Version 1.106
VDV KA KG 2009

VDV-Kernapplikation – Spezifikation Nutzermedium
Version 1.106
VDV KA KG 2008

VDV-Kernapplikation – Hauptdokument mit Basisobjektmodell (BOM)
Version 1.106
VDV KA KG 2008

ISO/IEC 24778

ISO/IEC CD 9796-2