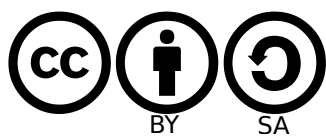


Baureihe 141



Bestimmung der Fahrzeugparameter
für Eisenbahnsimulationen



CC BY-SA 4.0 Wolfgang Evers

Stand 30. November 2022

Vorwort

In diesem Dokument werden für die Baureihe 141 der Deutschen Bundesbahn aus den aus verschiedenen Literaturquellen zusammengetragenen Angaben Parametersätze für die Simulationsprogramme Loksim 3D und Zusi 3 entwickelt.

Das erste Kapitel stellt die gesammelten Daten strukturiert zusammen und fasst sie in einem ersten Schritt allgemein für Simulationen zusammen.

Das zweite Kapitel erzeugt daraus einen Parametersatz für Zusi 3.

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung der Baureihe 141	1
1.1	Einleitung	1
1.1.1	Fahrzeugdaten	2
1.1.2	Transformator TUDBm 2.210 und Schaltwerk NU 28r	3
1.1.2.1	Schaltwerkssteuerung	5
1.1.3	Fahrmotor ABEM 6651	6
1.1.3.1	Daten aus der Literatur	6
1.1.3.2	Ankerwicklungskonstante	7
1.1.3.3	Flussstromverhältnis	7
1.1.3.4	Widerstände und Verluste	7
1.1.3.5	Reaktanzen	8
1.2	Zugsicherung	8
2	Parameter für Zusi 3	9
2.1	Varianten	9
2.2	Grunddaten	12
2.3	Einphasenreihenschlussantrieb	12
2.4	Bremsen	13

1 Beschreibung der Baureihe 141

1.1 Einleitung

Die Lokomotiven der Baureihe 141 wurden von der Deutschen Bundesbahn im Rahmen des ersten Typenprogramms elektrischer Einheitslokomotiven von 1956 bis 1971 in einer Stückzahl von 451 Maschinen beschafft. Sie runden das Typenprogramm nach unten ab und waren primär für den Einsatz im leichten Nahverkehr und dabei als einzige Baureihe auch für Wendezüge gedacht.

Die letzten fünf Maschinen (141 447-451) erhielten eine rückspeisefähige elektrische Bremse mit der Regelcompound-Schaltung von BBC. Diese Maschinen werden hier nicht betrachtet

1.1.1 Fahrzeugdaten

		Quelle
Stromsystem, Einphasen-Wechselstrom	$16\frac{2}{3}$ Hz, 15 kV	[1]
Achsfolge	Bo' Bo'	[3]
GröÖte zulässige Geschwindigkeit	120 km/h	[1] [2] [3]
Stundenleistung nach VDE 0535/1.55 bei 90 % der größten Leerlaufspannung des Transformators	2400 kW	[2] [3]
Stundenleistung bei 70 % der Höchstgeschwindigkeit	2200 kW	[2] [3]
Dauerleistung bei 70 % der Höchstgeschwindigkeit	2100 kW	[2]
Nennleistung (Dauerleistung) nach UIC 614 bei 103 km/h	2300 kW	[2]
Zugkraft bei Höchstgeschwindigkeit	55 kN	[2]
Anfahrzugkraft	220 kN	[2]
GröÖte zulässige Zugkraft je Fahrmotor 2 min	55 kN	[1]
GröÖte zulässige Zugkraft je Fahrmotor 15 min	35 kN	[1]
Dauerzugkraft dd	25 kN	[1]
Heizleistung	480 kW bzw. 700 kW	[1] [2] [3]
Achsdruck	16,6 t	[2] [3]
Dienstgewicht (Reibungsgewicht)	67 t	[1] [2]
Bremsgewicht in Bremsstellung P	70 t	[1] [2]
Bremsgewicht in Bremsstellung G	58 t	[1] [2]
Handbremsgewicht je Handbremse	20 t	[1] [2]
Laufkreisdurchmesser der Radsätze neu	1250 mm	[2] [3]
Laufkreisdurchmesser unteres BetriebsgrenzmaÖ	1180 mm	[2]

1.1.2 Transformator TUDBm 2.210 und Schaltwerk NU 28r

Die BR 141 hat ein Niederspannungsschaltwerk. Ober- und Unterspannungswicklung des Haupttransformators sind in Reihe geschaltet (Spartrafo). Die Unterspannungswicklung hat 14 Fahrstufenanzapfungen. Das Schaltwerk besteht aus vier Kreisbahnwählern und vier Lastschaltern. Zwei Kreisbahnwähler können die ungerade Anzapfungen abgreifen und die anderen Beiden die geraden Anzapfungen. Die Ausgänge von je zwei Lastschaltern sind mit Stromteilerdrosseln verbunden, deren Ausgänge wiederum mit einer Stromteilerdrossel verbunden ist. So wird eine gleichmäßige Stromaufteilung auf die vier Lastschalterausgänge erreicht und, abgesehen von Spannungsabfällen in den Drosseln, das arithmetische Mittel der vier Spannungen als Fahrmotorspannung erzeugt.

		Quelle
Nennleistung (S2-1h)	2130 kVA	[2] [3] [5]
relative Kurzschlussspannung	0,08	[2] [5]
Eisenverluste	2 kW	[2] [5]
Kupferverluste inklusive Drosseln	75 kW	[2] [5]
Schaltdauer pro Stufe	0,25 s	[1] [2] [3]

Im Laufe der Bauzeit der BR 141 gab es vier verschiedene Ausführungen des Transformators und zwei verschiedene Stromteilerdrosseln. In der Tabelle sind die wichtigsten Unterschiede aufgeführt.

	TUDBm 2.210	TUDBm 2.210a	TUDBm 2.210b	TUDBm 2.210c
Heizleistung	400 kVA		900 kVA	
Heizspannung 594 V	ja		nein	
Spannungsstufung	Variante 1			Variante 2
Stromteilerdrosseln	T132 / T132a			TDDB 103,5
Stromteilerdrosseln				TDDB 207

Die Unterschiede zwischen den ersten drei Varianten sind für die Simulation irrelevant. Da sie zusammen den größten Anteil an innerhalb der Baureihe hatten, sollen nur sie betrachtet werden.

Bezogen auf die Spannungen der Trafoanzapfungen und Fahrstufenspannungen bestehen zwischen [2] und [3] geringfügige Abweichungen. Daher wurde die Anzapfungen auf Windungszahlen der Unterspannungswicklung zurückgerechnet, um plausible Werte zu erhalten.

Trafonanzapfung	Windungen	Stufenspannung	Ausgangsspannung
Stufe 1	6	66 V	66 V
Stufe 2	6	66 V	132 V
Stufe 3	3	33 V	165 V
Stufe 4	2	22 V	187 V
Stufe 5	2	22 V	209 V
Stufe 6	2	22 V	231 V
Stufe 7	2	22 V	253 V
Stufe 8	3	33 V	286 V
Stufe 9	4	44 V	330 V
Stufe 10	4	44 V	374 V
Stufe 11	4	44 V	418 V
Stufe 12	5	55 V	473 V
Stufe 13	5	55 V	528 V
Stufe 14	6	66 V	594 V
Heizung 800 V	18	198 V	792 V
Heizung 1000 V	18	198 V	990 V
Oberspannung	1280	14 010 V	15 000 V

1.1.2.1 Schaltwerkssteuerung

Das Schaltwerk wird von einem Luftmotor (vier Pneumatikzylinder) angetrieben. Die Schaltgeschwindigkeit beträgt 4 Stufen pro Sekunde [1] [2] [3]. Diese im Vergleich zu den anderen Baureihen doppelt so hohe Schaltgeschwindigkeit ist notwendig, damit die Schaltvorgänge an den Niederspannungslastschalter möglichst kurz dauern und die Lichtbogenbrenndauer entsprechend kurz ist. Versuche mit dem elektromotorischen Schaltwerksantrieb der anderen Einheitsloks sind aufgrund der großen benötigten Drehmomentspitzen gescheitert [2].

Zunächst kam, wie bei den anderen Einheitslokomotiven auch, eine mechanische Nachlaufsteuerung zum Einsatz. Die Getriebe und Lagerungen der Rückmeldewelle sind im Laufe der Zeit jedoch schadhaft geworden, so dass ab 1978 die Nachlaufsteuerung in eine Impulssteuerung umgebaut wurde [2].

1.1.3 Fahrmotor ABEM 6651

Der Fahrmotor ABEM 6651 der BR 141 hat als Besonderheit eine zweigängige Ankerwicklung nach Whittaker [2] [4], was aber für die Simulation unerheblich ist.

1.1.3.1 Daten aus der Literatur

		Quelle
Nennleistung (S2-1h)	600 kW	[2] [4]
Nennspannung	505 V	[2] [4]
Nennstrom	1340 A	[2] [4]
Leistungsfaktor im Nennbetrieb	0,965	[2] [4]
Nenndrehzahl	1540 min ⁻¹	[2] [4]
Nennmoment	3730 Nm	[4]
Nennwirkungsgrad	92 %	[4]
Dauerleistung (S1)	484 kW	[2]
bei der Spannung	425 V	[2]
bei dem Strom	1280 A	[2]
bei der Drehzahl	1330 min ⁻¹	[2]
Anfahrleistung (S2-2min)	820 kW	[2]
bei der Spannung	505 V	[2]
bei dem Strom	1970 A	[2]
bei der Drehzahl	1330 min ⁻¹	[2]
größte Spannung	505 V	[2]
Höchst-drehzahl	1950 min ⁻¹	[2]
Widerstand der Erregerwicklung bei 20 °C	2,11 mΩ	[2]
Widerstand der Kompensationswicklung bei 20 °C	2,755 mΩ	[2]
Widerstand der Wendepolwicklung bei 20 °C	1,406 mΩ	[2]
Wendefeldshunt einschließlich Zuleitung	28 mΩ	[2]
Polpaarzahl	5	[2]
Kommutatorlamellenzahl	360	[2]
Zähnezah Motorritzel	23	[2]
Zähnezah Großrad	83	[2]
Getriebewirkungsgrad	98,5 %	[2]

1.1.3.2 Ankerwicklungskonstante

Da es sich um Schleifenwicklung mit der nur einer Windung pro Ankerspule handelt vereinfacht sich die Gleichung für die Ankerkonstante auf:

$$c = 2 \cdot K = 720$$

also die doppelte Kommutatorlamellenzahl.

1.1.3.3 Flussstromverhältnis

Da der Erregerkreis der Maschine teilweise gesättigt wird, hängt der Erregerfluss nicht linear vom Erregerstrom ab. Aus der Bild 8 auf Seite 53 in [4] wird folgende Tabelle abgelesen beziehungsweise berechnet:

Strom	Drehmoment	Fluss
250 A	98 Nm	0,0034 Wb
500 A	588 Nm	0,0103 Wb
750 A	1472 Nm	0,0171 Wb
1000 A	2354 Nm	0,0205 Wb
1250 A	3434 Nm	0,0240 Wb
1500 A	4513 Nm	0,0263 Wb
1750 A	5641 Nm	0,0281 Wb
2000 A	6720 Nm	0,0293 Wb
2250 A	7848 Nm	0,0304 Wb
2500 A	9123 Nm	0,0318 Wb

1.1.3.4 Widerstände und Verluste

Die Verluste im Motor setzen sich aus den Stromwärmeverlusten in den Wicklungen und Kohlebürsten sowie den Wirbelstrom- und Ummagnetisierungsverlusten im Blech des Ankers zusammen.

Bei den Widerständen sind nur die Widerstände des Stators angegeben. Der Ankerwiderstand wird auf die Größe des Widerstands der Kompensationswicklung abgeschätzt. Damit ergibt sich für den Gesamtwiderstand:

$$R_{20\text{ges}} = R_A + R_F + R_K + R_W = 2,755 \text{ m}\Omega + 2,11 \text{ m}\Omega + 2,755 \text{ m}\Omega + 1,406 \text{ m}\Omega = 9,026 \text{ m}\Omega$$

$$R_{80\text{ges}} = R_{20\text{ges}} (1 + \alpha_{\text{Cu}} (80 - 20) \text{ K}) = 9,026 \text{ m}\Omega \cdot (1 + 0,004 \cdot 60) = 11,19 \text{ m}\Omega$$

Für die Verlustleistung durch Wirbelströme gilt in guter Näherung:

$$P_W = k_W I^2 f^2$$

Die Konstante wird mit $k_W = 1,1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{A}^2 \text{Hz}^2}$ angenommen.

Für die Verlustleistung durch die Ummagnetisierung gilt in guter Näherung:

$$P_U = k_U I^2 f$$

Die Konstante wird mit $k_U = 2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{W}}{\text{A}^2 \text{Hz}}$ angenommen.

1.1.3.5 Reaktanzen

Da der Erregerkreise des Motors mit zunehmenden Fluss gesättigt wird, ist die Induktivität abhängig vom Motorstrom. Da diese Magnetisierungskurve des Motors aktuell nicht vorliegt, wird mit der Größe im Nennpunkt gerechnet.

Die Gesamtreaktanz des Motors wird aus den Angaben für den Nennpunkt berechnet:

$$X_{\text{ges}} = \frac{U_N}{I_N} \sin \varphi_N = \frac{505 \text{ V}}{1340 \text{ A}} \cdot 0,2622 = 98,83 \text{ m}\Omega$$

1.2 Zugsicherung

141 411 mit LZB Seite 188 in [2]

Ab 1999 PZB90 Seite 186 in [2]

2 Parameter für Zusi 3

2.1 Varianten

Die Baureihe wird so eingetragen, wie sie auf dem Fahrzeugmodell angeschrieben ist, also entweder E41 oder 141.

Eine Gattungsbezeichnung gibt es nicht.

Die NVR wird nur eingetragen, wenn das Fahrzeugmodell diese trägt, ansonsten wird die historische Nummer eingetragen, wie angeschrieben. Stichtag für die NVR für Bestandsfahrzeuge war der 1. August 2008.

Eine interne Fahrzeugnummer wird nicht vergeben.

Die Variantenbezeichnung setzt sich aus Baureihe, Ordnungsnummer, ggf. Prüfziffer und Leuchtenbauform zusammen.

Da es bei einer Lokomotive keine Plätze 1. und 2. Klasse gibt, werden Nullen eingetragen.

Die Farbgebung wird entsprechend dem Fahrzeugmodell beschrieben.

Führerstandsmodus ist ein Modell für vorne und hinten.

Die Einsatzdaten müssen im Bereich zwischen Abnahmedatum und letzter z-Stellung liegen. Zusätzlich ergeben sich weitere Einschränkungen durch die Farbgebung, die jedoch oft nur geschätzt werden können.

Die Datei mit der Aussenansicht muss zu den anderen Angaben passen.

Aus der Datei mit dem Führerstand ergibt sich vor allem das verbaute Sicherungssystem und daraus, ob die Nachlaufsteuerung schon in einer Impulssteuerung umgebaut wurde. Nach Möglichkeit sollte es für das konkrete Fahrzeug bekannt sein, aber auf jeden Fall sollte es zum Einsatzzeitraum passen.

In der ersten Tabelle wird der Zustand der verschiedenen Aussenansichten festgehalten. Dabei sind die Anschriften für die Masse durchgängig und die Bremsanschriften größtenteils falsch. Die Beheimatungs- und Revisionsanschriften fehlen durchgängig.

Die Varianten sind in der zweiten Tabelle definiert.

Dateiname	Farbegebung	Stromabnehmer	Fahrzeugnummer	Heimat 1	Heimat 2	Revisionsfeld	Masse	G	P
DB_E41-ab3	Kobaltblau	DBS 54	E41 001	-	-	-	85 t	54 t	67 t
DB_E41-gn3	Chromoxidgrün	DBS 54	E41 005	-	-	-	83 t	54 t	72 t
DB_E41-gn4	Chromoxidgrün	DBS 54	141 171-9	-	-	-	83 t	54 t	72 t
DB_E41-gn4a	Chromoxidgrün	DBS 54	141 065-3	-	-	-	83 t	54 t	72 t
DB_E41-ob4	Ozeanblau/Beige	DBS 54	141 295-6	-	-	-	83 t	54 t	72 t
DB_E41-ob4a	Ozeanblau/Beige	DBS 54	141 007-4	-	-	-	83 t	54 t	72 t
DB_E41-Karlsruhe	Ozeanblau/Beige	DBS 54	141 248-5	-	-	-	t	t	t
DB_E41-or4	Orientrot	DBS 54	141 186-7	-	-	-	66 t	58 t	70 t
DB_E41-SB4	Lichtgrau/Reinorange	DBS 54	141 439-0	-	-	-	66 t	58 t	70 t
DB_E41-gn5	Chromoxidgrün	DBS 54	141 228-7	-	-	-	83 t	54 t	72 t
DB_E41-ob5	Ozeanblau/Beige	DBS 54	141 280-8	-	-	-	83 t	54 t	72 t
DB_E41-vr5	Verkehrsrot	DBS 54	141 246-9	-	-	-	66 t	58 t	70 t

HId	NId	BR	NVR/HN	Variantenbezeichnung	Farbgebung	EinsatzAb	EinsatzBis	Aussenansicht	Führerstand
1	1	E41	E41 001	E41 001, Kombileuchten	Kobaltblau	29.09.1956	31.12.1968	DB_E41-ab3	E41_I54
2	1	E41	E41 005	E41 005, Kombileuchten	Chromoxidgrün	01.01.1957	31.12.1968	DB_E41-gn3	E41_I54
3	1	141	141 171-9	141 171-9, Einzelluchten	Chromoxidgrün	01.01.1968	31.12.1993	DB_E41-gn4	E41_I54
4	1	141	141 295-6	141 295-6, Einzelluchten	Ozeanblau/Beige	25.04.1975	31.12.1993	DB_E41-ob4	E41_I54
5	1	141	141 007-4	141 007-4, Kombileuchten	Ozeanblau/Beige	26.01.1983	31.12.1993	DB_E41-ob4a	E41_I54
6	1	141	141 186-7	141 186-7, Einzelluchten	Orientrot	19.09.1997	31.12.1993	DB_E41-or4	E41_I54
7	1	141	141 439-0	141 439-0, Einzelluchten	Lichtgrau/Reinorange/Pastellgelb (S-Bahn)	15.06.1987	31.12.1993	DB_E41-SB4	E41_I60
8	1	141	141 246-9	141 246-9, Einzelluchten	Verkehrsrot	01.10.1997	12.12.2005	DB_E41-vr5	E41_PZB90
9	1	141	141 065-3	141 065-3, Einzelluchten	Chromoxidgrün, graues Dach	01.01.1968	31.12.1993	DB_E41-gn4a	E41_I54
10	1	141	141 248-5	141 248-5, Karlsruher Design	Beige-Blau	20.12.1977	31.12.1993	DB_E41-Karlsruhe	E41_I60
11	1	141	141 228-7	141 228-7, Einzelluchten	Chromoxidgrün	01.01.1994		DB_E41-gn5	E41_PZB90
12	1	141	141 280-8	141 280-8, Einzelluchten	Ozeanblau/Beige	01.01.1994	15.12.2002	DB_E41-ob5	E41_PZB90

2.2 Grunddaten

Zur eigentlichen LÜP (Länge über Puffer) muss noch ein Zuschlag für Kurvenfahrten addiert werden: $15,62\text{ m} + 0,04\text{ m} = 15,66\text{ m}$

Die Spurweite beträgt 1435 mm, die Höchstgeschwindigkeit $120 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ und die **Masse beträgt** 67 t. Der Rotationszuschlag wird mit 6600 kg geschätzt. Die Lokomotive hat **4 Achsen**. Die Radstandssumme ergibt sich als Summe aller Drehgestellachsabstände, also $2 \cdot 3,2\text{ m} = 6,4\text{ m}$. Der Rollwiderstand wird mit 1294,92 N automatisch geschätzt.

Da die 141 keine Neigetechnik hat, beträgt der Neigewinkel 0° .

Die Fessellänge beträgt vorne und hinten 4,18 m.

Der Schlingerfaktor wird auf 0 gesetzt und die Luftwiderstandsbeiwertfläche mit $c_w A = 6\text{ m}^2$ angenommen.

Die Stromabnehmergrundhöhe beträgt 4,27 m.

Eine Hauptluftbehälterleitung ist vorhanden und es handelt sich um kein Verbundfahrzeug.

Da die 151 in der Außenansicht definierte Schlussignalleuchten hat, werden keine weiteren Schlussignale definiert.

Stromabnehmer A **1950 mm Graphit**

Stromabnehmer B **1950 mm Graphit**

Stromabnehmer C keiner

Stromabnehmer D keiner

Der Lok-Status im Zugverband ist natürlich **Lokomotive**.

2.3 Einphasenreihenschlussantrieb

Die Reibmasse beträgt 67 t.

Die Auf- und Abschalteschwindigkeit beträgt je **4 Stufen pro Sekunde**.

Die meisten Lokomotiven besitzen keine Grenzwertüberwachung. Der Auslösestrom des Überstromrelais für den Oberstrom ist auf 4,25 A eingestellt, was einem **Oberstrom von** 340 A entspricht [3].

2.4 Bremsen

Die Zahl der gebremsten Achsen beträgt **vier**. Die Bremsbauart ist **Graugussbremse GG**.

ie restlichen Daten wurden nicht verändert.

Literaturverzeichnis

- [1] *Arbeitsmappe für die Aus- und Fortbildung von Triebfahrzeugführern auf der BR 141*
Deutsche Bundesbahn, DV 129 07 0131, Stand: März 1983
- [2] Roland Hertwig, Werner Streil
Die Baureihe E 41 Entstehung, Technik und Einsatzgeschichte
EK-Verlag, Freiburg, 2009
- [3] Anton Joachimsthaler
Die elektrischen Einheitslokomotiven der Deutschen Bundesbahn
GDL-Verlag, Frankfurt, 4. Auflage von 1976
- [4] Hans-Dietrich Kügler
Die elektrische Ausrüstung der Lokomotive Baureihe E41 der Deutschen Bundesbahn
in Elektrische Bahnen Heft 3 (28. Jahrgang 1957) Seite 49 - 59
Verlag R. Oldenbourg, München, 1957
- [5] Karl Schlosser
Der Transformator der Lokomotive Baureihe E41 der Deutschen Bundesbahn
in Elektrische Bahnen Heft 6 (28. Jahrgang 1957) Seite 140 - 143
Verlag R. Oldenbourg, München, 1957
- [6] Hölscher, Carsten *Zusi 3 - Dokumentation*
19. November 2021