



Marc Kappel

Angewandter Straßenbau

Straßenfertiger im Einsatz

3. Auflage



Springer Vieweg

Angewandter Straßenbau

Marc Kappel

Angewandter Straßenbau

Straßenfertiger im Einsatz

3., aktuell Auflage

Marc Kappel
Hameln, Deutschland

ISBN 978-3-658-29469-4 ISBN 978-3-658-29470-0 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-29470-0>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2012, 2016, 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Lektorat: Frieder Kumm

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort zur 3. Auflage

In der nun dritten Auflage wurden alle Inhalte aktualisiert um den neusten Entwicklungen im Straßenbau gerecht zu werden. Besonders die zunehmende Automatisierung und Vernetzung der Maschinen ist ein besonders aktuelles und umfangreiches Thema. Die Themen Industrie 4.0 und BIM werden unter anderem in einem zusätzlichen Kapitel über die Möglichkeiten und Chancen der Digitalisierung umfassendes behandelt. Es wird der Stand der Technik zur Digitalisierung im Straßenbau behandelt und die notwendige Technologie für den Schritt hin zum Straßenbau 4.0 aufgegriffen. Kleinere technische Neuerungen sind in die bestehenden Kapitel eingeflossen. Das Bildmaterial wurde für ein besseres Verständnis an vielen Stellen aktualisiert und ergänzt. Ebenfalls wird auf die aktuelle Verschärfung der Arbeitsplatzgrenzwerte für Emissionen aus Bitumen und Asphalt eingegangen und dessen Auswirkungen auf die deutsche Bauindustrie.

Ich möchte mich auch in dieser Auflage wieder für die Unterstützung bedanken. Mein besonderer Dank geht an meine Frau. Auch möchte ich mich bei meinen Kollegen im In- und Ausland für die rege Unterstützung bei der Suche nach geeignetem Bildmaterial bedanken. Des Weiteren möchte ich mich bei Toralf Lindner, Lars Tausend, Frank Dörrie und Philipp Bramer für die guten Anregungen und zahlreichen Korrekturen bedanken.

Ein Dank geht auch an die folgenden Unternehmen, die mir neues Bildmaterial zur Verfügung gestellt haben: Volvo Construction Equipment, MOBA Mobile Automation AG und Autodesk.

Hameln
Winter 2020

Marc Kappel (geb. Niggemann)

Vorwort zur 2. Auflage

Seit Erscheinen der ersten Auflage haben sich zahlreiche Neuerungen im Straßenbau ergeben, die eine allgemeine Aktualisierung notwendig machen. Für die Straßenbaumaschinen sind in den vergangenen Jahren einige interessante neue Optionen entwickelt worden, die in dieser Neuauflage eingearbeitet wurden. Die Geschichte des Straßenbaus wurde um die Entwicklung der Verdichtung erweitert, um auch hier ein umfassendes Bild geben zu können. Auch wenn der Schwerpunkt weiterhin auf der Technik des Straßenbaus liegt, sind die Grundlagen zum Straßenaufbau zusätzlich aufgenommen worden. Sowohl auf die einzelnen Schichten im Straßenoberbau als auch auf die verschiedenen Asphaltarten wird im Speziellen eingegangen.

Der Forschung und Entwicklung wurde ein eigenes Kapitel gewidmet, um Ein- und Ausblicke auf aktuelle und zukünftige Entwicklungen geben zu können. Das Thema der thermischen Entmischung wurde neu aufgenommen. Der Waldwegebau mit einem Grader wird in einer weiteren Baustellenbeschreibung erklärt. Auch für diese Auflage möchte ich mich wieder bei allen bedanken, die mich bei der Überarbeitung unterstützt haben. Mein Dank geht besonders an meine Frau Cornelia, die mich stets tatkräftig unterstützt. Auch möchte ich mich bei meinem Kollegen Florian Geske bedanken, der die neuen Kapitel mit seinen Cartoons illustriert hat. John Gravatt möchte ich für die Unterstützung bei der geschichtlichen Recherche danken.

Ein Dank geht auch an die folgenden Unternehmen, die neues Bildmaterial zur Verfügung gestellt haben: Volvo Construction Equipment und MOBA Mobile Automation AG.

Hameln
Herbst 2015

Marc Kappel

Vorwort

Die im Straßenbau eingesetzten Maschinen sind hoch komplexe technische Geräte, die zu erstaunlichen Leistungen fähig sind. Trotz steigender Automatisierung ist der Straßenbau ein sehr aufwendiges und arbeitsintensives Unterfangen. Je besser die technischen Prozesse aller Beteiligten verstanden werden, umso effektiver kann ein Straßenbauprojekt durchgeführt werden, bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität.

In diesem Buch wird die Thematik des praktischen Straßenbaus behandelt. Dabei wird die Lücke zwischen den Büchern, welche sich mit der konstruktiven Seite von Straßenbauwerken beschäftigen, und den Leitfäden zum richtigen Straßenbau geschlossen. Es wird anhand von beispielhaften Baustellen erklärt, wie Straßen praktisch erstellt werden. Der Schwerpunkt dieses Buches wurde dabei auf den Umgang mit Straßenfertigern gelegt.

Dieses Buch richtet sich an diejenigen, die mit der Planung von Bauprojekten, der Durchführung der Bauarbeiten sowie der Wartung und Reparatur der Maschinen zu tun haben. Dem interessierten Leser wird ein spannender Einblick in die praktische Umsetzung des Straßenbaus gewährt. Für Planer und Anwender ist es wichtig, die tatsächlichen Fähigkeiten der eingesetzten Maschinen zu kennen, um diese wirtschaftlich einsetzen zu können.

Ein historischer Rückblick auf den Straßenbau des letzten und vorherigen Jahrhunderts schult das Verständnis für Bauwerke, welche wir nach wie vor benutzen.

Die erwünschte lange Haltbarkeit einer Straße setzt voraus, dass diese richtig und fachgerecht erstellt wurde. Dass dies nicht immer der Fall ist, lässt sich an vielen Beispielen auf den Straßen zeigen. Dieses Buch soll dazu beitragen, dass durch gute Kenntnis der technischen Möglichkeiten stets das bestmögliche Einbauergebnis erreicht wird. Dabei wird auch auf ungewöhnliche Situationen, wie beispielsweise ein Ausfallen des Straßenfertigers oder überraschende Wetterkapriolen während des Einbaus, eingegangen.

Eine Bitte des Autors

Für Hinweise und Anregungen bin ich stets dankbar. Sie sind eine unverzichtbare Voraussetzung und Hilfe für die Verbesserung dieses Buches.

Ein Wort des Dankes...

... an alle, die mich bei diesem Buchprojekt unterstützt haben. Mein besonderer Dank geht zunächst an Andreas W. Fröhlich, dessen Meinung mir stets sehr wichtig ist. Als Nächstes möchte ich mich bei André Tosch bedanken, der bereitwillig seine jahrzehntelange Erfahrung im Straßenbau mit mir teilte und dadurch erst dieses Buchprojekt ermöglichte. Frank Dörrie, Hartwig Lex und Kilian Nötzold möchte ich für die sehr mühsame Korrekturarbeit danken und für die vielen hilfreichen Gedanken, die sie mit mir teilten. Ein besonderer Dank geht an Cornelia Kappel für ihre endlose Geduld mit mir, während ich an diesem Projekt gearbeitet habe. Außerdem danke ich meinem Arbeitgeber, der ABG Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft mbH (Volvo CE), dafür, dass er mich bei diesem herstellernerneutralen Buch unterstützt hat.

Ich möchte mich auch bei meinem Kollegen Florian Geske bedanken, der mit seinen witzigen Cartoons das Buch ungemein bereichert hat.

Ein Dank geht an die folgenden Unternehmen, die mich mit Bildmaterial unterstützt haben: Volvo Construction Equipment, Nölle IUT GmbH, Nadler Straßentechnik GmbH, PEBA GmbH, TU Darmstadt – Fachgebiet Straßenwesen, Dornburger Zement GmbH & Co. KG, KUTTER Spezialstraßenbau GmbH & Co. KG und Powermoon Germany.

Hameln
April 2012

Marc Niggemann

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichte und Entwicklung des Straßenbaus	1
1.1	Entwicklung der Verdichtung	4
1.2	Meilensteine	6
1.3	Internationaler Straßenbau	16
1.3.1	Nordamerika	17
1.3.2	Entwicklungs- und Schwellenländern am Beispiel von Indien	19
1.3.3	Straßennetze Deutschland und weltweit	22
2	Konstruktive Grundlagen des Straßenbaus	25
2.1	Schichtaufbau einer Straße	25
2.2	Einbau in zwei Phasen	27
2.3	Belastungsklasse	28
2.4	Der Straßenfertiger	30
2.5	Auswahl der Bohle	32
2.5.1	Technisches Prinzip der schwimmenden Bohle	33
2.5.2	Vario-Bohlen	34
2.5.3	Starre Bohle	36
2.5.4	Heizungssysteme	37
2.5.5	Elektroheizung	40
2.5.6	Verdichtungseinheiten	42
2.6	Oberbau	44
2.6.1	Frostschuttschicht	44
2.6.2	Kies- und Schottertragschicht	45
2.6.3	Hydraulisch gebundene Tragschichten	45
2.6.4	Asphalttragschicht	45
2.6.5	Asphaltfundationsschicht	46
2.6.6	Asphaltbinderschicht	47
2.6.7	Asphaltdecke	47
2.6.8	Asphaltbeton	48

2.6.9	Splittmastixasphalt	49
2.6.10	Gussasphalt	50
2.7	Verdichtung im Straßenbau	51
2.7.1	Verdichtung von Böden und ungebundenen Schichten	51
2.8	Verdichtung von Asphalt	53
2.8.1	Eigenschaften von Walzasphalt	54
2.8.2	Stand der Forschung zu Asphalt und Bitumen	54
2.8.3	Einbauverhalten von Asphalt	56
3	Einsatzplanung für die Baustelle	59
3.1	Baustellenkipper und Einbaugeschwindigkeit	60
3.1.1	Wie hoch ist die Einbaumenge pro Stunde?	60
3.1.2	Wie viele Kipper werden benötigt?	61
3.2	Straßenverkehrszulassung für Baumaschinen	62
3.2.1	Fahren im öffentlichen Straßenverkehr	68
3.2.2	Gewichtsbeschränkung	69
3.2.3	Fahrgeschwindigkeit und Bremsweg	70
3.2.4	Bremsung nach DIN EN 500	72
3.2.5	Bremsung nach SAE	72
4	Erstellung einer Landstraße (Tragschicht)	75
4.1	Leistungsbeschreibung	75
4.2	Absteckung und Einmessung der Straße	76
4.3	Nivellierung	78
4.3.1	Selbstnivellierung	78
4.4	Unmittelbare Baustellenvorbereitung	79
4.4.1	Vorheizen	79
4.4.2	Aufheizen von Gasbohlen	80
4.5	Anfahren	80
4.6	Entmischung	82
4.7	Mischgutübergabe und Qualitätskontrolle	84
4.8	Einbaugeschwindigkeit und Maschinenleistung	85
4.8.1	Wie hoch ist die Einbauleistung pro Stunde?	87
4.9	Einstellung des Stampfers	88
4.10	Einstellung der Vibration	90
4.11	Aktive Nivellierung am Draht	90
4.12	Aufgabe der Mannschaft	92
4.13	Tagesabschluss	94
4.14	Wartung der Maschinen am Ende des Tages	95
4.14.1	Reinigen	97

5	Überarbeitung einer Landstraße (Binderschicht)	99
5.1	Planung der Baustelle	100
5.1.1	Einbaurichtung	100
5.1.2	Erstellung einer Baustellenskizze	102
5.2	Übernahme der Baustelle	103
5.2.1	Schichtenverbund	103
5.2.2	Erstellen und Behandlung der Längsnaht	106
5.3	Nivellieren zu einer Referenzfläche	110
5.3.1	Neigungssensor	114
5.4	Höhenanpassung der Ausfahrteile	116
5.5	Kontrolle der Verdichtung	117
5.5.1	Raumdichten	117
5.5.2	Messung mit der Strahlensonde	118
5.5.3	Kapazitives Dichtemessverfahren	119
5.5.4	Grenzwerte und Anforderungen an Verdichtung und Ebenheit	121
5.6	Der Regen kommt	122
6	Autobahnbaustelle (Binderschicht)	123
6.1	Verlängern der Bohle	124
6.1.1	Synchronisation der Verdichtungsaggregate	125
6.1.2	Schnecken und Schneckenkanalverlängerung	125
6.1.3	Trimmen der Bohle	130
6.2	Nivellieren mit einem Schleppbalken	130
6.2.1	Roadscanner	132
6.2.2	Big-Ski	133
6.3	Materialversorgung mit einem Beschicker	134
6.4	Abböschungen	138
6.5	Ausfall der elektronischen Steuerung	140
7	In der Stadt (Deckschicht)	141
7.1	Nähte und Anschlüsse	145
7.1.1	Anschlüsse	145
7.1.2	Schmelzbänder	146
7.2	Handeinbau	147
7.2.1	Einbau eines Schachtdeckels	149
7.2.2	Kontrolle vom Förderband	152
8	Der Feldweg (Tragdeckschicht)	153
8.1	Dachprofil	155
8.2	Hydraulische Bohlenbe- und -entlastung	156
8.3	Einsatz der Seitenbegrenzung	159
8.4	Hydraulische Seitenbegrenzung	160
8.5	Power Tunnel	162
8.6	Anschluss an bestehende Fahrbahn	162

9	Autobahnbaustelle (Offenporiger Asphalt)	163
9.1	Offenporige Asphaltdeckschichten (OPA)	164
9.1.1	Wirtschaftlichkeit	165
9.1.2	Abdichtung und Schichtenverbund	165
9.1.3	Anforderungen an die Verdichtung	166
9.1.4	Heiß-an-Heiß-Einbau	167
9.2	Setzmaß	169
9.3	Griffigkeit	171
9.3.1	Abstreusplitt	172
9.4	Geklebte Fahrbahnmarkierungen	174
10	Herbstbaustelle (Decke)	177
10.1	Niedrigtemperaturasphalte (NTA)	178
10.2	Schnecke und Vorverdichtung	179
10.2.1	Materialvorlage und Vorverdichtung	180
10.3	Baustelle im Spätherbst (Heiß-auf-Warm)	182
10.4	Thermische Entmischung	183
10.5	Thermografiesystem zur Qualitätskontrolle	185
11	Nachtbaustelle	191
11.1	Straßenschilder	192
11.2	Warnkleidung	193
11.3	Beleuchtung der Baustelle	193
11.3.1	Balloon Lights	195
12	Kompakteinbau	197
12.1	Bau kompakter Asphaltbefestigungen	197
13	Betriebsfläche in PCC	203
13.1	Baustelle im PCC-Verfahren	203
13.1.1	Bohleneinstellung und Vorbereitungen	205
13.1.2	Nivellierung mit dem Rotationslaser	205
13.1.3	Nachbehandlung und Abschluss	207
14	Waldwege	209
14.1	Bau und Verdichtung eines Waldweges (Recyclingmaterial)	210
14.2	Abtragen des Oberbodens und Aufbringen der Tragschicht	212
14.2.1	Motorgrader	213
14.3	Umweltschutz in ökologisch wichtigen Gebieten	214
14.4	Erstellung einer Furt	215
14.5	Kontrollmessung mit dem Lastplattendruckversuch	216
14.5.1	Dynamischer Plattendruckversuch	216
14.5.2	Statischer Plattendruckversuch	217

15	Sonderanwendungen	219
15.1	Damm- und Deichbau	220
15.1.1	Dosierschieber	221
15.2	Spurwege	222
15.3	Gleisschottereinbau	223
15.4	Teststrecken	224
15.5	Sportplätze	225
15.6	Tunnel und Mienen	226
16	Sonderdecken	227
16.1	Halbstarre Deckschichten (HD)	228
16.2	Wasserdurchlässiger Asphalt (WDA)	229
16.3	Walzbeton (RCC)	229
16.4	Dünne Asphaltdeckschichten in Heißbauweise (DSH)	230
16.5	Rückformen	232
16.6	Farbasphalt	232
16.6.1	Farbliche Anpassung bei Aufgrabungen und Instandsetzung	234
16.7	Dünne Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise (DSK)	234
17	Forschung und Entwicklung	237
17.1	Arbeitsschutz	238
17.1.1	Grenzwerte für Dämpfe und Aerosole	238
17.1.2	Rundumsicht	240
17.2	Einbauqualität und Prozesssicherheit	241
17.3	Maschinentechnik	241
17.4	Maschinensteuerung	243
17.5	Assistenzsystem	243
17.6	Maschinenkommunikation und Vernetzung	244
17.7	Bohlenheizung	244
17.8	Elektro- und Hybridantriebe	245
17.9	Automatische Lenk- und Nivellierautomatik	246
17.9.1	Lenken am Draht	246
17.9.2	3D-Nivellierung	247
17.10	Automatische Personenerkennung	251
17.11	Langfristige Entwicklung	252
18	Digitalisierung im Straßenbau	253
18.1	Maschinen zu Maschinen Kommunikation	253
18.2	Datenerfassung	254
18.2.1	Gemeinsamer Datenaustausch	255

18.3	Flottenmanagement	256
18.4	Industrie 4.0 im Straßenbau	256
18.4.1	Baustellen Management Systeme.....	257
18.4.2	Qualitätssicherung mit Baustellen Management Systemen	258
18.5	BIM.....	259
18.5.1	Level of Development (LOD).....	261
18.5.2	BIM im Straßenbau	262
18.5.3	Aussichten von BIM im Straßenbau.....	264
19	Umwelt und Gesundheit	267
19.1	Gesundheitsrisiken im Straßenbau	268
19.1.1	AdBlue	268
19.1.2	Asphalt	268
19.1.3	Dieselmotoren	269
19.1.4	Hydraulikflüssigkeit	269
19.1.5	Kühlflüssigkeit	269
19.1.6	Schmierfett	270
19.1.7	Trennmittel	270
20	Qualitätsprüfung	271
20.1	Übersicht Qualitätsprüfung	271
20.2	Bohrkernuntersuchung und Probenahmen	274
20.2.1	Bestimmung der Raumdichte	274
20.2.2	Bestimmung der Rohdichte	275
20.2.3	Extraktion des Bindemittels	275
20.2.4	Nadelpenetration.....	275
20.2.5	Ermittlung der Korngrößenverteilung.....	276
20.2.6	Erweichungspunkt Ring und Kugel (EP RuK).....	277
21	Anforderung und Einbaufehler	279
21.1	Einbaufehler	280
21.1.1	Unebenheit/Anfahrbuckel.....	280
21.1.2	Lange Wellen	281
21.1.3	Kurze Wellen	281
21.1.4	Oberflächenstrukturfehler.....	283
21.1.5	Entmischungen.....	284
21.1.6	Abdrücke	285
21.2	Verjährungsfristen.....	286
21.2.1	Ebenheit	286
21.2.2	Griffigkeit.....	287

22 Regelwerke und Normen.	289
22.1 Allgemeine Technische Vertragsbedingungen	290
22.2 Arbeitsanleitungen	290
22.3 DIN, EN und ISO	290
22.4 Empfehlungen.	292
22.5 Gesetze	292
22.6 Grundsätze	293
22.7 Handbücher.	293
22.8 Hinweise.	293
22.9 Leitfäden.	294
22.10 Merkblätter	295
22.11 Richtlinien	296
22.12 Technische Lieferbedingungen.	296
22.13 Technische Prüfvorschriften.	296
22.14 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTV).	297
Glossar	299
Anhang	315
Literatur	323
Stichwortverzeichnis	331

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1	Straßenfertiger aus den 1950er-Jahren noch ohne eine schwimmenden Bohle: Volvo Road Machinery Inc.; Shippensburg, PA, USA	3
Abb. 1.2	Ballaisson Straßenwalze, Bulletin de la Société d’Encouragement: Über Bouillant’s Straßenwalze, Bd. 113, Tafel I, Stuttgart, 1849	5
Abb. 1.3	Ballaisson Dampfwalze für chaussierte Straßen, J. A. Maffei’s Dampfst Straßenwalze, Bd. 248, Tafel IV, Stuttgart, 1883.	5
Abb. 1.4	Maffei’s Dampfst Straßenwalze, Bulletin de la Société d’Encouragement, Bd. 179, Tafel VII, Stuttgart, 1866.	6
Abb. 1.5	Der Bau einer großen Straße: Vernet, Claude-Joseph; La construction d’un „grand chemin“, 1774, Musée du Louvre	7
Abb. 1.6	Bau einer Makadamstraße: Rakeman, Carl: Construction of a macadam road at the time of John Loudon McAdam, 1823, Federal government of the United States	8
Abb. 1.7	Straßenaufbau aus US-Patent von 1877: Lee, Archibald K.: IMPROVEMENT IN CONCRETE PAVEMENTS, 1877, Patent number: 188645, United States Patent and Trademark Office	9
Abb. 1.8	Asphaltmischer aus US-Patent von 1893: Winding, George: ASPHALT-MIXING MACHINE, 1893, Patent number: 490218; United States Patent and Trademark Office	10
Abb. 1.9	Urstampfer aus US-Patent von 1900: Hetherington, Fredrick A.: PAVING-TOOL, 1900, Patent number: 659867; United States Patent and Trademark Office	10
Abb. 1.10	Walze aus US-Patent von 1925 der Barber Asphalt Company: Browne, Frank A.: HROAD ENGINE, 1925, Patent number: 1531250, United States Patent and Trademark Office	11

Abb. 1.11	Einbaumaschine von Blaw-Knox aus US-Patent von 1932: Venable, William M.: METHOD OF AND MACHINERY FOR FORMING PAVEMENTS, 1932, Patent number: 1887341, United States Patent and Trademark Office	12
Abb. 1.12	Schienengebundener Einbau in den 1930er-Jahre der USA: Volvo Road Machinery Inc.; Shippensburg, PA, USA	13
Abb. 1.13	Früher Straßenfertiger in den USA mit einer Windrow-Pick-Up-Maschine als Beschicker: Volvo Road Machinery Inc.; Shippensburg, PA, USA	14
Abb. 1.14	ABG Titan 300 von 1967: ABG Allgemeine Baumaschinen Gesellschaft mbH, Hameln.	15
Abb. 1.15	Erste rein hydraulisch geregelte Nivellierautomatik zur Höhenabnahme von Referenzflächen (l.). Die hydraulische Regelung wird in der Weiterentwicklung durch eine erste elektronische Regelung ersetzt (r.): Volvo Road Machinery Inc.; Shippensburg, PA, USA	15
Abb. 1.16	Erster Radfertiger von Blaw-Know auf Basis des von APSCO 1953 entwickeltem BF-90: Volvo Road Machinery Inc.; Shippensburg, PA, USA	17
Abb. 1.17	Straßenbau in den USA mit einer Vibrationsbohle	18
Abb. 1.18	Eingebaute Straße in den USA mit hohem Setzmaß und geringer Vorverdichtung: Eigenaufnahme, 2010.	19
Abb. 1.19	Windrow Machines vor Fertiger: Volvo AB, Göteborg, Schweden	20
Abb. 1.20	Straßenbau in Indien: Eigenaufnahme, 2011	20
Abb. 1.21	Improvisiertes Aufheizen: Eigenaufnahme, 2011	21
Abb. 1.22	Manuelle Schotterherstellung in Madagaskar (l.) und Indien (r.): Eigenaufnahmen, 2011/2012	22
Abb. 1.23	Straßennetz weltweit als Entwicklungsindikator: Weltbank, Washington D.C., USA	23
Abb. 2.1	Bohrkernentnahme für die Qualitätskontrolle (UK): Eigenaufnahme, 2019.	26
Abb. 2.2	Funktionsschema Straßenfertiger	30
Abb. 2.3	Schema Schwimmende Bohle	34
Abb. 2.4	Schema einer Vario-Bohle: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	35
Abb. 2.5	Schema einer europäischen Bohle	35
Abb. 2.6	Schema einer nordamerikanischen Bohle	36
Abb. 2.7	Starre Bohle mit Vario-Endteilen	37
Abb. 2.8	Aufheizen mit Strahlbrenner: Eigenaufnahme, 2010.	39
Abb. 2.9	Bohle mit Doppelstampfer (Volvo) l., Bohle mit Stampfer und Nachverdichter (Dynapac) r.: Eigenaufnahmen, 2015/2013	42
Abb. 2.10	Schema Doppelstampfer und Pressleisten	43

Abb. 2.11	Schema Doppelstampfer.	43
Abb. 2.12	Schematische Darstellung der einzelnen Schichten des Straßenbaus mit Asphaltdeckschicht.	46
Abb. 2.13	Struktur von Asphaltbeton mit gleichmäßig abgestufter Kornzusammensetzung, gleiche Korngrößen sind durch kleinere voneinander getrennt	49
Abb. 2.14	Struktur von Splittmastixasphalt. Grobe Splittkörnungen bilden ein in sich abgestütztes Korngerüst, die Hohlräume sind bis auf ein geringes Porenvolumen mit bindemittelreichem Mastix angefüllt	50
Abb. 2.15	Struktur von Gussasphalt, Splitt und grobe Sandkörner schwimmen in einem hohlraumfreien Feinmastix	50
Abb. 2.16	Ermittlung des optimalen Wassergehalts durch Auftragen der Proctordichte über den Feuchtegehalt des Bodens.	52
Abb. 2.17	Seit 1902 andauerndes Pechtropfenexperiment im Royal Scottish Museum: Eigenaufnahmen, 2019.	55
Abb. 3.1	Benötigte Lkw (20 t) in Abhängigkeit von Einbauleistung und Fahrzeit.	63
Abb. 3.2	Einbauleistung über Geschwindigkeit und Bohlenbreite; Schicht 4 cm.	64
Abb. 3.3	Einbauleistung über Geschwindigkeit und Bohlenbreite; Schicht 8 cm.	65
Abb. 3.4	Einbauleistung über Geschwindigkeit und Bohlenbreite; Schicht 16 cm.	66
Abb. 3.5	Messung der Verzögerung, rote Kurven zeigen einen ungünstigen Verzögerungsverlauf, schwarze Kurve stellt einen typischen Verlauf dar	71
Abb. 4.1	Auszug aus der Leistungsbeschreibung	76
Abb. 4.2	Einbausituation entlang der Landstraße: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	77
Abb. 4.3	Gespannter Leitdraht: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	77
Abb. 4.4	Der erste Meter mit Start vom Holzbalken: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	80
Abb. 4.5	Messung der Asphaltstärke in Straßenmitte: Eigenaufnahme, 2011.	81
Abb. 4.6	Eigenkonstruktion zur Schichtmessung: Eigenaufnahme, 2010.	82
Abb. 4.7	Entmischung an einem Schütthaufen	83
Abb. 4.8	Entmischung auf der Lkw-Ladefläche	83
Abb. 4.9	Entmischung, offene Stellen nach dem Walzen: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	83

Abb. 4.10	Fertiger mit Signallichter für die Lkw Einweisung	85
Abb. 4.11	Handzeichen zum Einweisen	86
Abb. 4.12	Kornzertrümmerung in der Asphaltdecke: Eigenaufnahme, 2011	88
Abb. 4.13	Nivellierung mit Sonic Ski auf Schnur: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	91
Abb. 4.14	Nivellierung mit einer mechanischen Abtastung (Drehgeber): Eigenaufnahme, 2011	91
Abb. 4.15	Zeigerstange am Fertiger: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	93
Abb. 4.16	Einkerbung durch fehlendes Material: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	93
Abb. 4.17	Seitenbegrenzung der Bohle.	94
Abb. 4.18	Schema Progressivverteiler	95
Abb. 5.1	Auszug aus der Leistungsbeschreibung	101
Abb. 5.2	Beispiel für eine Baustellenskizze	102
Abb. 5.3	Kehrmaschine im Baustelleneinsatz: Eigenaufnahme, USA, 2009	104
Abb. 5.4	Maschinelles Anspritzen der Fläche mit Haftkleber: Nadler Straßentechnik GmbH, Schweitenkirchen	105
Abb. 5.5	Fertiger mit Sprühanlage für Bitumenemulsion: Joseph Vögele AG, Ludwigshafen	106
Abb. 5.6	Straßenquerschnitt mit Schichtversatz	107
Abb. 5.7	Kontakfläche mit einem Winkel anlegen	107
Abb. 5.8	Aufbringen von Nahtkleber: Nadler Straßentechnik GmbH, Schweitenkirchen	108
Abb. 5.9	Manuelles Aufbringen von Nahtkleber: Eigenaufnahme, 2011	109
Abb. 5.10	Unzureichend aufgebracht Haftkleber: Eigenaufnahme, USA, 2009	110
Abb. 5.11	Kalt aufgebracht Nahtkleber: Nadler Straßentechnik GmbH, Schweitenkirchen	110
Abb. 5.12	Nivellierregler mit magnetischer Befestigung: Eigenaufnahme, 2019	112
Abb. 5.13	Nivellieren mit einem Ultraschallsensor	112
Abb. 5.14	Einfacher Ultraschallsensor	113
Abb. 5.15	Nivellieren mit einem Ski	114
Abb. 5.16	Neigungssensor: Eigenaufnahme, 2019	115
Abb. 5.17	Höhenunterschied durch Anstellwinkel	117
Abb. 5.18	Troxler Strahlensonde: Eigenaufnahme, 2009	118
Abb. 5.19	Kapazitives Dichtemessgerät: Eigenaufnahme, 2010	120
Abb. 5.20	Schema Topfkondensator	121
Abb. 5.21	Einbau im leichtem Regen: Volvo AB, Göteborg, Schweden	122
Abb. 6.1	Autobahnbaustelle mit konventionelle Bohle.	124

Abb. 6.2	Aufgerüstete Bohle: Volvo AB, Göteborg, Schweden	125
Abb. 6.3	Schematische Darstellung der Dosierbleche	126
Abb. 6.4	Spaltbildung an der Bohle	128
Abb. 6.5	Schematische Darstellung der Kanalbleche	128
Abb. 6.6	Fertiger mit einfachem Schleppbalken: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	131
Abb. 6.7	Fertiger mit Schleppbalken nach der Bohle: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	132
Abb. 6.8	Schema Roadscanner	133
Abb. 6.9	Einsatz eines Big-Skis: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	134
Abb. 6.10	Beschicker mit Kettenfahrwerk: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	135
Abb. 6.11	Beschicker mit zusätzlicher Nachmischanlage	136
Abb. 6.12	Beschickerkübel mit Förderschnecke: Eigenaufnahme 2013.	137
Abb. 6.13	Schema Abböschung	138
Abb. 6.14	Beheizter Kantenschuh; Eigenaufnahme	139
Abb. 6.15	Erstellung der Abböschung mit Kantenandrückrad: Eigenaufnahme 2013	139
Abb. 7.1	Beengte Baustellensituation in der Stadt: Eigenaufnahme, 2011.	142
Abb. 7.2	Auszug aus der Leistungsbeschreibung	143
Abb. 7.3	Auszug aus der Leistungsbeschreibung	144
Abb. 7.4	Einbausituation in der Stadt: Eigenaufnahme, 2011	145
Abb. 7.5	Seitenbegrenzung auf Randstein	146
Abb. 7.6	Anschlussstelle mit einem Schmelzband: Eigenaufnahme, 2011	147
Abb. 7.7	Handeinbau von Asphalt: Eigenaufnahme, 2011	148
Abb. 7.8	Straßenrechen (l.) und Teerverteiler gezahnt (r.): Eigenaufnahmen, 2011	148
Abb. 7.9	Freischneiden eines Schachtdeckels: Eigenaufnahmen, 2019	150
Abb. 7.10	Einbau eines Schachtdeckels: Eigenaufnahmen, 2012.	150
Abb. 8.1	Einbau von Tragdeckschicht auf einem Feldweg.	154
Abb. 8.2	Positives Dachprofil	155
Abb. 8.3	Bohle mit einseitiger Abbnickung	156
Abb. 8.4	Hydraulische Bohlenbe- und -entlastung	157
Abb. 8.5	US-Seitenbegrenzung (End Gate): Eigenaufnahme, 2009	159
Abb. 8.6	Hydraulisch verstellbare Seitenbegrenzung	160
Abb. 8.7	Einbau dicht an Hindernissen.	161
Abb. 8.8	Power Tunnel an einem US-Fertiger: Eigenaufnahme, 2009.	162
Abb. 9.1	Eine mit Splitt abgestreute SAMI-Schicht: Eigenaufnahme, 2011	166
Abb. 9.2	Statische Verdichtung durch Walzen: Eigenaufnahme, 2010.	167
Abb. 9.3	Nahtloser Einbau: Ascendum Baumaschinen Österreich GmbH, Hans Grand	168

Abb. 9.4	Heiß-an-Heiß-Einbau mit zwei Fertigern: Ascendum Baumaschinen Österreich GmbH, Hans Grand	168
Abb. 9.5	Wellenlänge und Struktur (vgl. [83])	172
Abb. 9.6	Abstreuen der Decke mit einem Kreisel-Splittstreu- Eigenaufnahme, 2015.	173
Abb. 9.7	Asymmetrischer Einbau einer Autobahnausfahrt.	174
Abb. 9.8	Aufbringen der Fahrbahnmarkierung: Eigenaufnahme, 2010	175
Abb. 10.1	Materialförderung im Schneckenkanal und geschliffener Schneckenflügel: Eigenaufnahme, 2011	180
Abb. 10.2	Struktur im Oberflächenbild: Eigenaufnahme, USA, 2009	181
Abb. 10.3	Beschickung mit einer Thermomulde	184
Abb. 10.4	Infrarotscanner mit GPS und Wetterstation: MOBA Mobile Automation AG	185
Abb. 10.5	ROADTEC, world of asphalt 2010, USA: Eigenaufnahme	186
Abb. 10.6	Displayeinheit zur Anzeige und Aufzeichnung der Temperaturdaten: Eigenaufnahme, 2015	186
Abb. 10.7	Temperatur-Einbaudiagramm mit thermischer Entmischung: MOBA Mobile Automation AG	187
Abb. 10.8	Temperatur-Einbaudiagramm mit Abkühlung nach Einbaustopp: MOBA Mobile Automation AG.	188
Abb. 10.9	Temperatur-Einbaudiagramm mit thermischer Entmischung durch unterschiedliche Anliefertemperaturen: MOBA Mobile Automation AG	188
Abb. 10.10	Temperatur-Einbaudiagramm ohne thermische Entmischung: MOBA Mobile Automation AG	189
Abb. 11.1	Warnkleidung in Klasse 1 bis 3	193
Abb. 11.2	Beleuchtung an Straßenfertiger: Powermoon Germany, Rheinberg	194
Abb. 11.3	Schema der Ausleuchtung am Fertiger.	195
Abb. 11.4	Beispiel für eine gut ausgeleuchtete Baustelle in den USA: Volvo AB, Göteborg, Schweden	196
Abb. 12.1	Autobahnsanierung im Kompakteinbau: Eigenaufnahme, Autobahn A7, 2011.	198
Abb. 12.2	Kompakteinbau mit einem Spezialfertiger: Eigenaufnahme, Autobahn A7, 2011.	198
Abb. 12.3	Bohlen im Kompakteinbau: Eigenaufnahme 2015.	199
Abb. 12.4	Heiß-auf-Heiß-Einbau mit einem Maschinenzug besteht aus einem Materialbeschicker, einem Binderschichtfertiger und einem Deckenfertiger: Joseph Vögele AG, Ludwigshafen	200
Abb. 12.5	Materialzufuhr über einen Beschicker: Eigenaufnahme 2015	201
Abb. 13.1	Innenbereich in PCC: Volvo AB, Göteborg, Schweden	204
Abb. 13.2	Einbauschema in der Halle.	205

Abb. 13.3	Laserempfänger am Fertiger (l.) und Rotationslaser in der Halle (r.): Volvo AB, Göteborg, Schweden	206
Abb. 13.4	Einbau von PCC mit Nachbehandlung der Naht: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	207
Abb. 14.1	Auszug aus der Leistungsbeschreibung für einen Bauabschnitt	211
Abb. 14.2	Neu angelegter Waldweg	212
Abb. 14.3	Aufbau des Waldweges.	212
Abb. 14.4	Abgetragener Oberboden	213
Abb. 14.5	Grader im Waldwegbau	214
Abb. 14.6	Erstellen einer Furt	215
Abb. 14.7	Schematisches Spannungs/Verformungs-Diagramm	216
Abb. 14.8	Test mit Leichtem Fallgewicht	217
Abb. 15.1	Versiegeln eines Dammes.	220
Abb. 15.2	Deichbau mit seitlicher Sicherung	221
Abb. 15.3	Hydraulisch verstellbarer Dosierschieber: Eigenaufnahme, 2011	221
Abb. 15.4	Spurweg in Asphalt: Volvo AB, Göteborg, Schweden	222
Abb. 15.5	Gleisschottereinbau mit Lasernivelliergerät: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	223
Abb. 15.6	Teststrecke mit Wellenprofil: Volvo AB, Göteborg, Schweden	224
Abb. 15.7	Herstellung einer balligen Fahrbahn: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	224
Abb. 15.8	Fertigung einer Steilkurve: Volvo AB, Göteborg, Schweden	225
Abb. 15.9	Erstellung der Laufbahn im Frankfurter Waldstadion: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	225
Abb. 15.10	Mienenzufahrt unter Tage, Finnland	226
Abb. 16.1	Herstellung einer halbstarren Deckschicht durch Einschlännen von Mörtel: Dornburger Zement GmbH & Co. KG, Dornburg-Camburg	228
Abb. 16.2	Asphalttraggerüst mit eingeschlännten Mörtel: Dornburger Zement GmbH & Co. KG, Dornburg-Camburg	229
Abb. 16.3	Verdichten von Walzbeton: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	230
Abb. 16.4	Sprühfertiger im Dünnschichteinbau: Joseph Vögele AG, Ludwigshafen	231
Abb. 16.5	Selbstfahrender Mixpaver: KUTTER Spezialstraßenbau.	232
Abb. 16.6	Einbau von Farbasphalt: Volvo AB, Göteborg, Schweden	233
Abb. 16.7	Einbau dünner Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise: Eigenaufnahme, 2015	235
Abb. 16.8	Abgeklebter Randbereich (l.) und Variobohle für DSK (r.): Eigenaufnahmen, 2015	235
Abb. 17.1	Fertiger mit Absauganlage für Bitumendämpfe über dem Schneckenkanal	239

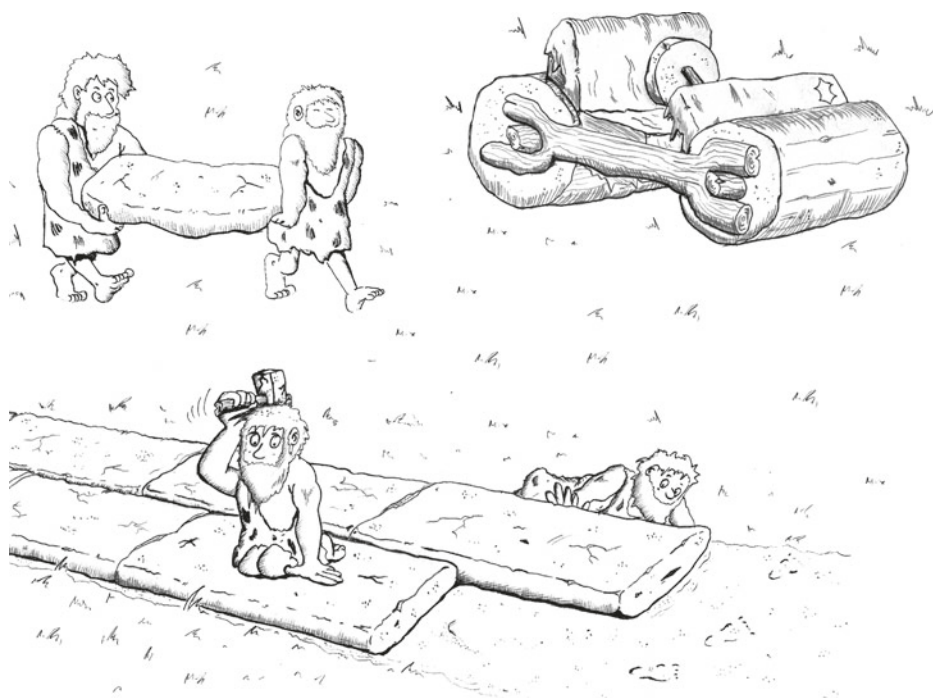
Abb. 17.2	Birdview mit zwei Personen an der Bohle	240
Abb. 17.3	Fertiger mit modifiziertem, schiebendem Kübel für das Verbundforschungsprojekt: Prozesssicherer Automatisierter Straßenbau (PAST), MOBA Mobile Automation AG	242
Abb. 17.4	Sensor für automatisches Lenken am Draht.	247
Abb. 17.5	Steuerung für 3D-Nivellierung.	248
Abb. 17.6	Laser für LPS-Unterstützung	248
Abb. 17.7	Straßenfertiger 3D-Nivellierung und Steuerung.	250
Abb. 17.8	Ausbreitung des Laser-Signals.	250
Abb. 18.1	Darstellung eines Gebäudekomplexes in 3D. Abbildung: Autodesk, Boll und Partner	260
Abb. 18.2	Für die Bestandsaufnahme vermessener Rosenbergtunnels (Schweiz). Abbildung: Autodesk	260
Abb. 18.3	Darstellung der Bauanforderungen in der Planungssoftware. Abbildung: Autodesk, Boll und Partner	263
Abb. 18.4	Pariser Stadtviertel Parc Princesse in Blickrichtung auf die Seine Abbildung: Autodesk, Labo des Paysages	264
Abb. 18.5	Dreidimensionales Bestandsmodell des Rosenbergtunnels mit eingebetteter Projektmodellierung: Autodesk	264
Abb. 20.1	Automatisches Messgerät zur Bestimmung der Nadelpenetration (l.) und Schema des Versuchs (r.).	276
Abb. 20.2	Schema Erweichungspunkt Ring und Kugel	276
Abb. 21.1	Spuren durch mitgezogene Körner.	283
Abb. 21.2	Offenporige Oberfläche durch falsch eingestellten Stampferdurchschlag oder durch eine noch kalte Bohle: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	284
Abb. 21.3	Entmischung in der Mitte der Bohle durch den Schneckenkasten. . . .	284
Abb. 21.4	Abdruck einer Bohle durch lange Wartezeit: Volvo AB, Göteborg, Schweden.	285
Abb. 21.5	Verjährungsfristen nach ZTV Asphalt-StB.	286
Abb. 21.6	Profilloses SKM-Messrad: PEBA GmbH, Köpenicker	287
Abb. 21.7	Messung der Griffigkeit nach dem SKM-Verfahren	287

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1	Länge des deutschen Straßennetzes [7]	24
Tab. 1.2	Weltweites Straßennetz 2014 (vgl. [8])	24
Tab. 2.1	Gründe für ein- und mehrlagigen Einbau	27
Tab. 2.2	Einteilung von Straßen in Belastungsklasse	28
Tab. 2.3	Allgemeines rheologisches Modell für Asphalt nach KRASS [29] und HUSCHEK [27]	56
Tab. 3.1	Raumdichte der verschiedenen Einbaumaterialien	62
Tab. 4.1	Einbaugeschwindigkeiten	87
Tab. 5.1	Grenzwerte für die Unebenheiten innerhalb einer vier Meter langen Messstrecke in maschinellm Einbau nach ZTV Asphalt-StB.	121
Tab. 7.1	Schachtdeckel nach Norm EN 124	151
Tab. 9.1	Vorverdichtung und Solldicke	170
Tab. 10.1	Mindesttemperaturen für Asphalteinbau (vgl. ZTV Asphalt-StB 07)	183
Tab. 18.1	Grundlegende Definition des Level of Development (LOD) [119]	262
Tab. A.1	Abkürzungen der Asphaltmischgutarten	319
Tab. A.2	Fertiger, Komponentenbezeichnungen	320

Geschichte und Entwicklung des Straßenbaus

1



Der systematische Bau von Straßen in Europa geht auf das römische Reich zurück. Hier wurde aus militärischen Gründen ein europaweites Straßennetz aufgebaut. Mit dem Zerfall des Römischen Reiches im fünften Jahrhundert n. Chr. verfiel aufgrund mangelnder Wartung auch das überregionale Straßennetz. Die Wegeführungen überdauerten jedoch teilweise bis heute. Im Mittelalter (ca. ab 500 n. Chr.) ist das Wissen des Straßenbaus verloren gegangen. Europa war ohne das Römische Reich in viele Länder zerteilt und der

überregionale Straßenbau verlor an Bedeutung. Die Handelswege waren meist unbefestigte Wege. Die Landesherren hatten „von guten Straßen nur wenig Nutzen, um so mehr aber von schlechten. Verdienten doch die Bauern an der Stellung von Vorspannpferden, die Schmiede und Stellmacher an der Wiederherstellung der zerbrochenen Wagen und die Wirte an der Beherbergung der Reisenden dieser Wagen. So waren alle Voraussetzungen gegeben für einen möglichst schlechten Zustand der Straßen“ [55]. Mitte des 18. Jahrhunderts, als die politische Lage in den deutschen Ländern stabiler wurde als in den Jahrhunderten zuvor, erlangte der Straßenbau erneut an Bedeutung. Die Landesherren erließen Vorschriften zum Bau von Straßen. Es setzte sich zunächst Holz als Baustoff durch. Im Gegensatz zu Stein war Holz günstig und reichlich vorhanden. 1767 wurde im Herzogtum Schlesien und in der Grafschaft Glatz jegliches Holz im Straßenbau verboten [55]. Die schon 1737 in der schwäbischen Kreisordnung erstmalig eingeführte Packlage in den Straßenbau verbreitet sich zusehens. Dabei werden Steine als Packlage gesetzt und der Rand mit Tiefbordsteinen eingefasst. „Die Packlageschicht wurde sorgfältig mit kleineren Steinen ausgezwickt und mit starken Stößeln abgerammt. Darüber kam eine 6 Zoll (16 cm) starke Schicht kleinerer Steine und als Abschluß darauf eine Kiesschicht...“ [55] Diese Bauweise setzte sich schnell in den verschiedenen deutschen Landesteilen durch.

Erst mit der Gründung der französischen École Nationale des Ponts et Chaussées (Nationale Schule für Brücken und Straßen) 1760 wurde in Europa der Straßenbau wieder systematisch weiterentwickelt.

Ein zeitweiser Stillstand in der Entwicklung des Straßenbaus setzte mit dem massiven Ausbau des Eisenbahn-Schienennetzes in der Mitte des 19. Jahrhundert ein. Die Eisenbahn konnte Menschen und Güter um ein Vielfaches schneller transportieren, als es in jener Zeit auf den Straßen möglich gewesen wäre. Straßen für den Überlandverkehr verloren bis zur Verbreitung des Automobils ab den 1920er-Jahren vorübergehend an Bedeutung. Mit dem schottischen Straßenbauer John Loudon MacAdam wurde ab 1825 die Konstruktion der Straßen in Großbritannien weiterentwickelt. MacAdam setzte auf einen dreischichtigen Schotteraufbau (zwei Lagen handgebrochener Schotter mit einer Lage Splitt als Deckschicht). Dieser setzte sich jedoch nicht aufgrund seiner Langlebigkeit, sondern vielmehr aufgrund der günstigen Herstellung durch [55]. Thomas Telford (1757–1834) baute zeitgleich in Großbritannien Straßen in der stabileren Packlage, wie es fast 100 Jahre vorher schon in Deutschland eingeführt wurde. Gegenüber der Bauweise von MacAdam sparte die aufwendigere Bauweise merklich Instandhaltungskosten (vgl. [55]). Mit Napoleon III.¹ wurden erstmalig seit der Römerzeit Fernstraßen in Frankreich gebaut. Diese dienten in erster Linie militärischen Zwecken und verliefen schnurgrade.

Im späten 19. Jahrhundert und Anfang des 20. Jahrhunderts wurden in den Vereinigten Staaten die ersten Straßenbaumaschinen entwickelt, mit denen wir die heute bekannten Asphaltstraßen bauen. Der Straßenaufbau hat sich zum heutigen Prinzip kaum verändert, indem mehrere Schichten von gebrochenen Steinen mit einem Bindemittel zusammengehalten werden. Als Bindemittel wurde überwiegend Teer eingesetzt, welches zu dem heute

¹französischer Kaiser 1852–1870.

noch im Volksmund verbreiteten Begriff der Teermaschinen führte. Noch in den 1950er-Jahren wurden „Schotterstraßen“ für weniger befahrene Straßen als günstige Alternative zu Teer- bzw. Asphaltstraßen gesehen (vgl. [10]). Ab 1984 wurde in Deutschland Teer im Straßenbau wegen seiner toxischen Eigenschaft verboten und durch Bitumen ersetzt.

Die ersten Konzepte für einen Straßenfertiger (kurz: Fertiger), so wie wir ihn heute kennen, wurden 1886 von der Barber Asphalt Paving Company zum Patent angemeldet. Die Barber-Greene-Fertiger wurden durch Lkw beschickt und bauten den Asphalt mit einer Bohle ein. Das Einbaumaterial wurde durch die Maschinen gleichmäßig über die Straßenbreite verteilt und mithilfe der Bohle glatt gezogen.

Erst mit dem Ablauf der von Barber-Greene gehaltenen Patente auf die wichtige Bohlentechnik konnten ab 1955 auch andere Firmen die sogenannten schwimmenden Bohlens auf den Markt bringen (vgl. [56]). Die Entwicklung der schwimmenden Bohle war die wichtigste Entwicklung im 20. Jahrhundert für den Straßenfertiger. Bei dieser Technik wird hinter dem Fertiger eine Glättbohle (kurz: Bohle) hergezogen, die den Asphalt verdichtet und glättet. Dabei wird diese lediglich gezogen und nicht in der Höhe geführt. Daraus ergibt sich, dass die eingebaute Lage eine bessere Ebenheit aufweist als die Unterlage (Abb. 1.1).

Die Betondeckenfertiger unterscheiden sich maßgeblich zum Straßenfertiger mit schwimmender Bohle und werden in diesem Buch nur am Rande Erwähnung finden.

Ein wichtiger Entwicklungsschritt war zunächst die elektrisch beheizte Bohle, die in den 1950er-Jahren von der Vögele AG entwickelt wurde. Die elektrische Heizung ermöglichte eine gute und gleichmäßige Beheizung der Stampfer und der Bodenplatten. Ab Mitte der 1980er Jahre wurden die voll ausziehbaren Bohlens entwickelt. Die Grundarbeitsbreite konnte nun hydraulisch bis auf die doppelte Grundarbeitsbreite vergrößert werden. Die jeweiligen Führungssysteme wurden von verschiedenen Firmen patentiert. 1981 wurde die Pressleiste als zusätzliches Verdichtungselement von der Vögele AG entwickelt. Bis dahin wurden Bohlens nur mit Stampfer und Vibrationseinheiten ausgestattet. Die Doppelstampferbohle (ABG, heute Volvo CE) wurde ebenfalls Anfang der 1980er-Jahre auf den Markt gebracht. Sie bildet den letzten wichtigen Schritt in der Entwicklung der Hochverdichtungsbohlens. In den 1990er-Jahren wurden verstärkt Fortschritte in der Digitalisierung und im

Abb. 1.1 Straßenfertiger aus den 1950er-Jahren noch ohne eine schwimmende Bohle: Volvo Road Machinery Inc.; Shippensburg, PA, USA



Bereich der elektronischen Steuerung und Regelung gemacht. ABG hat als erstes Unternehmen die Straßenfertiger mit einem voll elektronischen Steuerpult ausgerüstet. Ziel der Zukunft wird es sein, weiter zu automatisieren, die Bedienung zu vereinfachen und die Maschinen in die Baustellenkommunikation weiter einzubinden.

1.1 Entwicklung der Verdichtung

Schon früh wurde erkannt, dass die Verdichtung für die Haltbarkeit der Verkehrswege eine entscheidende Rolle spielt. Jedoch wurde noch zu Napoleons Zeiten nur durch Schlagen und Stampfen verdichtet oder die Verdichtung dem Verkehr überlassen (vgl. [2]). Eine der ersten technischen Abbildungen einer Straßenwalze wurde im vom Jacob Leupold verfassten „Theatrum machinarium“ von 1725 abgebildet, aber erst hundert Jahre später finden die Straßenwalzen auch Einzug in den Straßenbau. Die ersten Walzen waren durch Pferdekraft gezogene Granit- oder beschwerte Holz-Einradwalzen. Eingesetzt wurden diese hauptsächlich zum Eindrücken des Schotters auf den Chausséen². Als weitaus zweckmäßiger haben sich jedoch schnell gußeiserne Walzenkörper erwiesen. Dabei richtete sich der Durchmesser der Walzkörper zunächst nach der zur damaligen Zeit wirtschaftlich herstellbaren maximalen Größe von Gußteilen und zum anderen nach der Größe der Pferde, die diese Walzen zogen. Dabei musste die Achse etwa auf der Höhe des an der Brust des Pferdes befindlichen Zugpunktes liegen, damit möglichst alle Kraft des Tieres zur Fortbewegung genutzt werden konnte. Der Durchmesser der Walzen betrug somit etwa 5 Fuß³ (ca. 1,6m) (Abb. 1.2).

Ein weiteres Problem der pferdegezogenen Walzen bestand darin, dass diese zunächst nur in eine Richtung fahren konnten und es meist schwierig war, auf den schmalen Wegen zu wenden. Nach jedem Walzübergang mussten die Pferde umgespannt werden, zur Vereinfachung wurde dazu auf jeder Seite der Walze eine feste Deichsel vorgesehen. Später wurde die Zugvorrichtung drehbar gestaltet und der Walzenkörper zusätzlich gestützt (vgl. [2]).

Ab 1850 setzte sich zunehmend die Asphaltbauweise durch und es wurden vermehrt Straßen in dieser Bauweise erstellt. Das erstmals in Paris angewendete Verfahren hat gegenüber den Schotterstraßen nach John Loudon McAdam den Vorteil, dass Staubaufwirbelungen vermieden wurden. Zudem war der Asphalt im Gegensatz zu Pflastersteinen nahezu geräuschlos. 15 Jahre nach der erstmaligen Anwendung in Paris wurden bereits mehr als 100km Straße als sogenannter teergebundener Makadam gebaut. Ab 1870 setzte sich „die Macadamisierung der Straßen mit Asphalt“ [2] auch in den europäischen Hauptstädten durch, nachdem sich dieses Verfahren in den US-amerikanischen Städten etabliert hatte (Abb. 1.3).

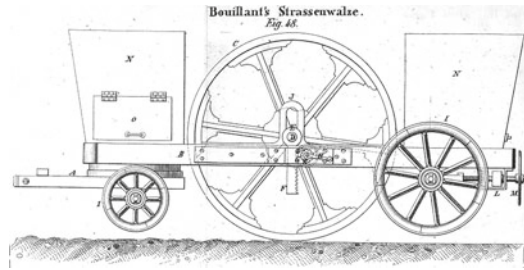
Mit dem Aufkommen der ersten selbstfahrenden Lokomobile war der Entwicklungsschritt zur Dampfwalze nicht weit. Die Dampfwalze nach BALLAISON konnte wesentlich effizienter Straßen instandsetzen, als es mit gezogenen Pferdewalzen möglich gewesen

²Französisch Chaussée entlehnt, welches seinerseits auf das galloromanische via calciata zurückgeht und Straße mit fest gestampften Steinen bedeutet.

³Über die Erfordernisse einer guten Chausséewalze; von A. W. Schäffer, 1840.

Abb. 1.2 Ballaison

Straßenwalze, Bulletin de la
Société d'Encouragement:
Über Bouillant's Straßenwalze,
Bd. 113, Tafel I, Stuttgart, 1849



wäre. BALLAISON platzierte die Feuerung des Kessels verborgen zwischen zwei gleich großen angetriebenen Walzenkörpern. Dieser Aufbau hatte den Vorteil, dass die Pferde nicht erschreckt wurden und die Walze auch am Tag auf viel befahrenen Straßen eingesetzt werden konnte [5]. In Deutschland wurde die Tandemform mit zwei gleich großen Walzenkörpern erstmalig 1878 durch die Firma Maffei in München gebaut (vgl. [2]) (Abb. 1.4). Die Walzenkörper konnten dabei im Fahrwerk gegeneinander verdreht werden, um so eine Kurvenfahrt zu ermöglichen [6]. In England wurde dagegen verstärkt das Prinzip der Dreiradwalze verfolgt, bei der die Hinterachse mit zwei Walzenrädern angetrieben ist und als vordere Achse ein geteilter Walzenkörper zum Lenken verwendet wird. Die Teilung des vorderen Walzkörpers unterstützte die durch einen Kettenzug realisierte Lenkung. Die ersten einsetzbaren Walzen mit einem Verbrennungsmotor wurden ab 1902 in England entwickelt, zunächst mit nur einem 25 PS starken Petroleummotor, der eine 16 t Walze antrieb (vgl. [2]). Die ersten Walzen mit Verbrennungsmotoren waren im Vergleich deutlich schwerer als die damaligen Dampfwalzen. Einzelzylinder-Dampfwalzen wurden bevorzugt für den Unterbau eingesetzt. Mit einer hohen Drehzahl der Dampfmaschine und einer langsamen Unter-
setzung wurde die Vibration der Maschine schon bewusst für die Verdichtung eingesetzt,

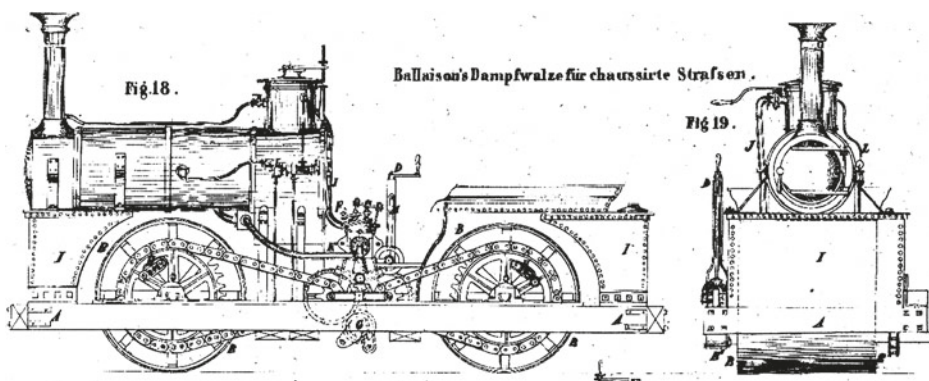


Abb. 1.3 Ballaison Dampfwalze für chaussierte Straßen, J. A. Maffei's Dampfstraßenwalze, Bd. 248, Tafel IV, Stuttgart, 1883

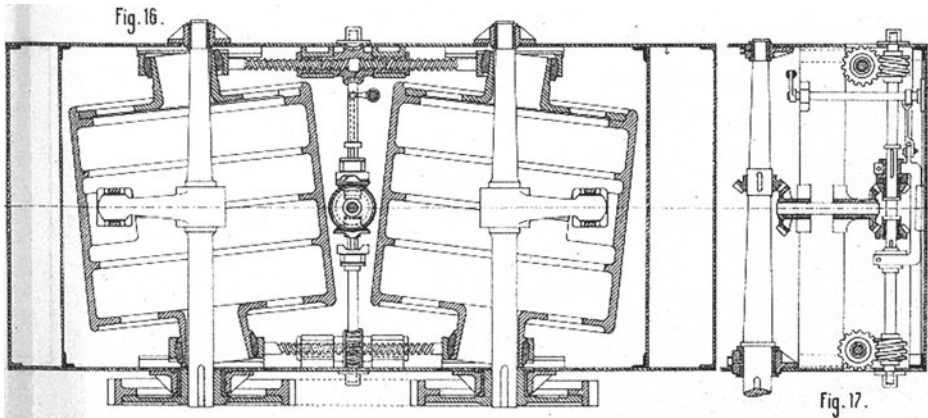


Abb. 1.4 Maffei's Dampfstraßenwalze, Bulletin de la Société d'Encouragement, Bd. 179, Tafel VII, Stuttgart, 1866

ähnlich dem Prinzip der später entwickelten Vibrationswalze. Die ab 1910 aufkommenden Doppelzylinder-Dampfwalzen wurden aufgrund der ruhig laufenden Maschinen bevorzugt auf Asphaltschichten eingesetzt.

1.2 Meilensteine

3200 v. Chr. Erste Berichte über Verwendung von Asphalt als Baumaterial in Mesopotamien (Gebiet des heutigen Irak und Nordost-Syrien). Zunächst wurde Asphalt als Mörtelersatz für die Errichtung von Mauern verwendet (nach Cassius Dio, römischer Geschichtsschreiber) (vgl. [59]).

3000 v. Chr. Verwendung von Naturasphalt in Mesopotamien als Bodenbelag in Badezimmern, Regenrinnenauskleidungen und Auskleidung von Abwasserkanälen mit Bitumenblöcken (vgl. [59]).

2300 v. Chr. Hofbefestigungen aus Asphalt in Indien (vgl. [59]).

800–500 v. Chr. Einsatz von Bitumen als Bindemittel für Brücken über den Euphrat (vgl. [59]).

1610 Erste englische Postkutsche transportiert Postsendungen sowie Fahrgäste (vgl. [51]).

Um 1660 Erste deutsche Postkutsche verkehrt zwischen Leipzig und Hamburg (vgl. [52]).