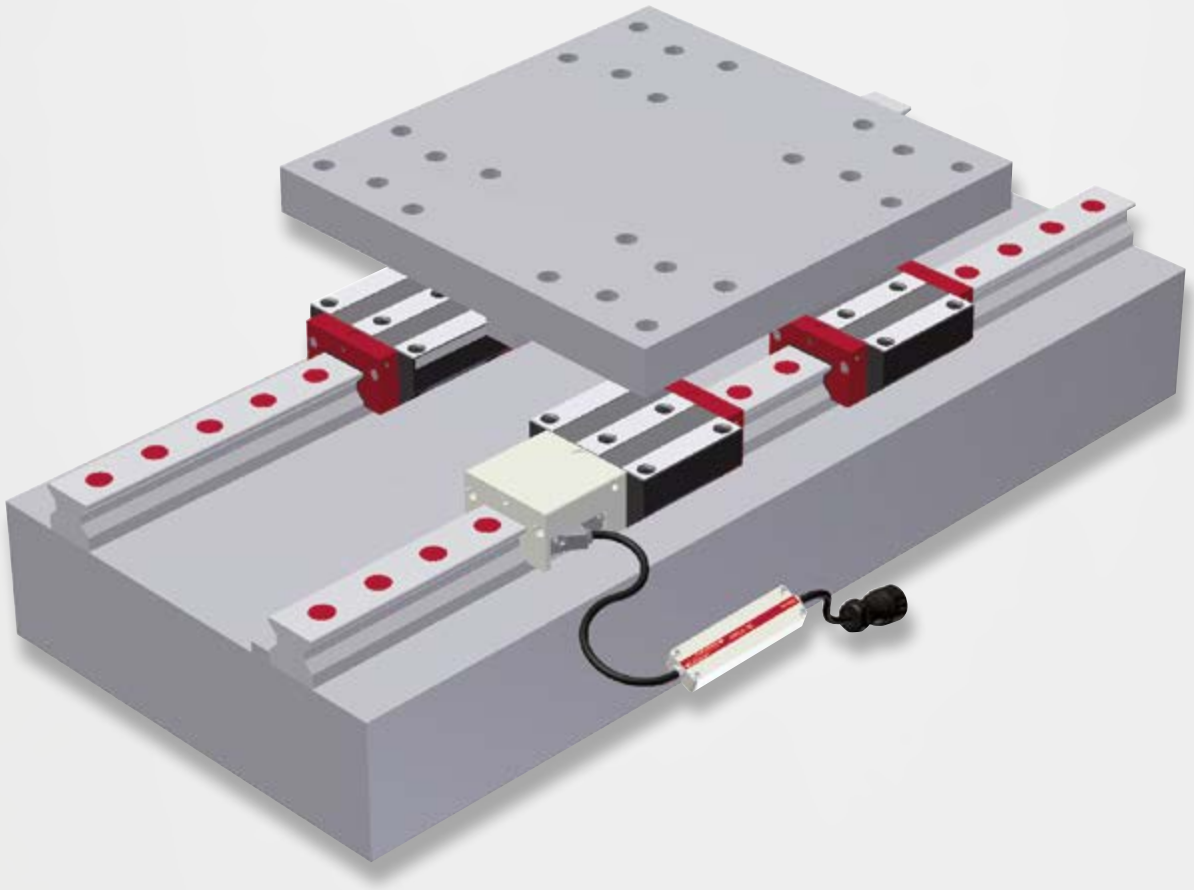
SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY



MONORAIL und AMS

Profilschienenführungen und integrierte Messsysteme

Applikationskatalog

Aktuelle Version der Kataloge
Im Download Bereich unserer Website finden Sie immer die aktuelle Version unserer Kataloge.

Haftungsausschluss
Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt erstellt und alle Angaben wurden auf ihre Richtigkeit überprüft. Dennoch kann für fehlerhafte oder unvollständige Angaben keine Haftung übernommen werden. Aufgrund der Weiterentwicklung unserer Produkte bleiben Änderungen der Angaben und technischen Daten vorbehalten. Nachdruck oder Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist ohne unsere schriftliche Genehmigung nicht gestattet.

Der vorliegende Applikationskatalog MONORAIL und AMS ist für den allgemeinen Konstruktionsgebrauch gedacht. Er ergänzt die allgemeinen Kataloge:

Produktkatalog MONORAIL und AMS
Montageanleitung MONORAIL und AMS

mit umfangreichem Wissen für den Vertrieb und die Applikationsberatung. Erhältlich ist der Applikationskatalog in gedruckter Version oder digital im ‚Downloadbereich' der SCHNEEBERGER Homepage www.schneeberger.com.

Alle geometrischen Abmessungen und Leistungsdaten wie Tragzahlen und Geschwindigkeiten sind dem Produktkatalog MONORAIL und AMS zu entnehmen. Dort sind auch die Standardprodukte ersichtlich.

Der Applikationskatalog beschreibt im Wesentlichen unter der Bezeichnung „SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen" die Produktreihen MR und BM sowie die Messsysteme AMS. Der Aufbau gliedert sich in die Bereiche: technische Grundlagen, Entwicklung und Design, Lagerung und Transport, Inbetriebnahme sowie Betrieb, Wartung und Service der Produkte. Innerhalb dieser Bereiche werden die Kompetenzen Führen, Antreiben und Messen getrennt beschrieben.

SCHNEEBERGER GmbH
75339 Höfen/Enz

Benutzerhinweise

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt erstellt und alle Angaben wurden auf ihre Richtigkeit überprüft. Dennoch kann für fehlerhafte oder unvollständige Angaben keine Haftung übernommen werden. Aufgrund der Weiterentwicklung unserer Produkte bleiben Änderungen der Angaben und technischen Daten vorbehalten. Nachdruck oder Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist ohne unsere schriftliche Genehmigung nicht gestattet.

Verwendete Symbole

Hinweis



Hinweis

➡ Hier stehen Hinweise und Empfehlungen

Warnhinweis



Signalwort

Art und Quelle der Gefahr

➡ Folgen bei Missachtung des Warnhinweises.

➡ Maßnahmen zur Verhinderung eines Schadens.

Warnhinweise werden über das Signalwort folgendermaßen klassifiziert:

- **Warnung**
  Bedeutet, dass Gefahr schwerer Verletzungen oder erheblicher Sachschäden besteht, wenn die vorgeschriebenen Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.
- **Vorsicht**
  Bedeutet, dass Gefahr leichter Verletzungen oder Sachschäden besteht, wenn die vorgeschriebenen Vorsichtsmaßnahmen nicht getroffen werden.

Weiterführende Literatur

- Produktkatalog MONORAIL und AMS
- Betriebsanleitung Interpolations- und Digitalisierungselektronik SMEa
- Montageanleitung/Softwareanleitung AMSA-3L
- Montageanleitung Abdeckband BAC für MONORAIL BM
- Montageanleitung Abdeckband MAC für MONORAIL MR
- Montageanleitung Messingstopfen MRS/BRS für MONORAIL MR/BM
- Montageanleitung MONORAIL und AMS
- Montageanleitung Schmierplatte SPL für MONORAIL
- Montageanleitung Stahlstopfen MRZ für MONORAIL MR
- Montagehinweis Blechabstreifer ASM
- Montagehinweis MONORAIL-Wagen MR und BM
- Montagehinweis MONORAIL-Wagen MR 100
- Montagehinweis MONORAIL BM2G
- Montagehinweis MONORAIL BZ

Produktkataloge und Montageanleitungen können über eine SCHNEEBERGER Vertretung bezogen oder unter www.schneeberger.com heruntergeladen werden.

1	**Technische Grundlagen: Führen**	**7**
1.1	SCHNEEBERGER-Profilschienenführungen	10
1.2	Aufbau einer Profilschienenwälzführung	15
1.3	Tragfähigkeit	23
1.4	Vorspannung	28
1.5	Steifigkeit	30
1.6	Genauigkeit	31
1.7	Lebensdauer Berechnungsgrundlagen	36
1.8	Dichtsysteme	37
1.9	Geräuschentwicklung	40
1.10	Schmierung	42
2	**Technische Grundlagen: Antreiben**	**47**
2.1	Integrierter Zahnstangenantrieb BZ	50
2.2	Schmierung	53
3	**Technische Grundlagen: Messen**	**55**
3.1	Wegmesssysteme	58
3.2	Schnittstellen	73
4	**Entwicklung und Design: Führen**	**81**
4.1	Einflussfaktoren für die Produktauswahl	85
4.2	Vergleich Kugel - Rolle	86
4.3	Führungsschienenbauformen	88
4.4	Führungswagenbauformen	93
4.5	Vorspannung	97
4.6	Genauigkeit	100
4.7	Einbauarten von Führungssystemen	106
4.8	Berechnung und Dimensionierung	109
4.9	Befestigung Führungsschiene	119
4.10	Mehrteilige Führungsschienen	125
4.11	Befestigung Führungswagen	126
4.12	Gestaltung der Anschlusskonstruktion	130
4.13	Schmierung	137
4.14	Abdichtung	152
4.15	Korrosionsschutz	161
4.16	Zusatzfunktion Klemmen und Bremsen	165
4.17	SCHNEEBERGER-Download und Online CAD-Katalog	167
5	**Entwicklung und Design: Antreiben**	**169**
5.1	Produktübersicht	172

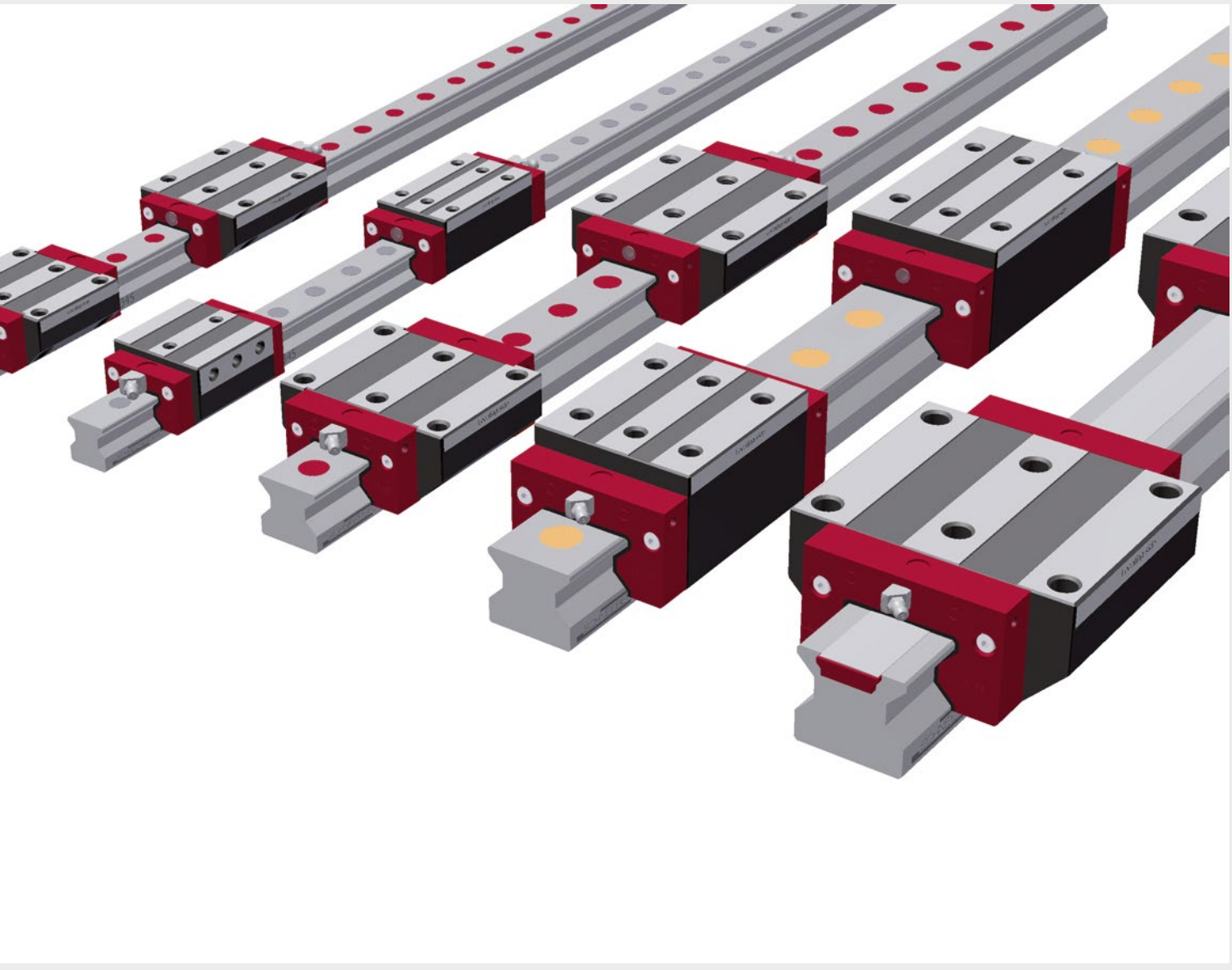
5.2 Berechnung und Dimensionierung 175
5.3 Befestigung Führungsschiene 180
5.4 Mehrteilige Führungsschienen 183
5.5 Gestaltung der Anschlusskonstruktion 184
5.6 Schmierung 187

6 Entwicklung und Design: Messen 189
6.1 Integration 192
6.2 Produktübersicht 193
6.3 Einflussfaktoren für die Produktauswahl 197
6.4 Anordnung der Messsysteme 200
6.5 Einsatzbedingungen 205
6.6 Schirmung 206

7 Lagerung und Transport 209
7.1 Auslieferzustand 212
7.2 Lagerung 213
7.3 Transport 214

8 Inbetriebnahme 217
8.1 Checkliste Führung 220
8.2 Checkliste Messsystem 222

9 Betrieb, Wartung und Service 223
9.1 Abstreifer 226
9.2 Einflussfaktoren der Einsatzbedingungen 230
9.3 Vorsichtsmaßnahmen 231
9.4 24-h-Lieferservice 232

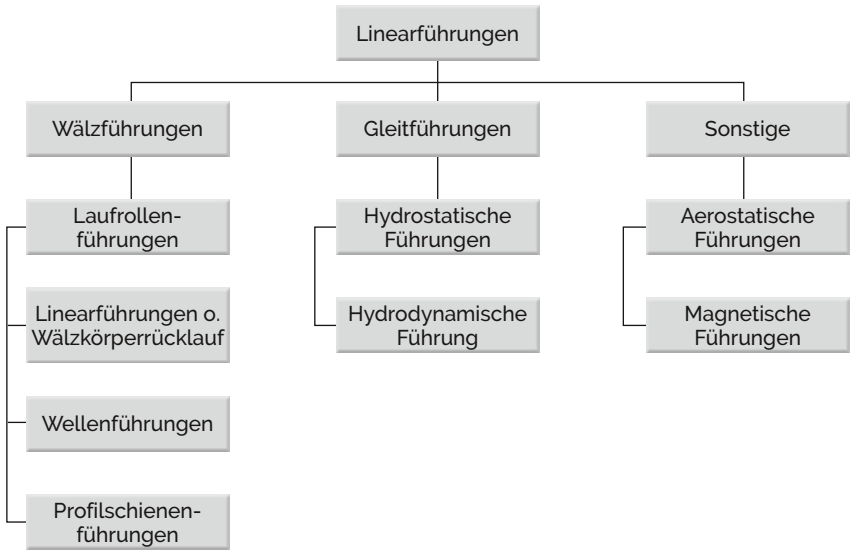


SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

1	**Technische Grundlagen: Führen**		**7**
1.1	**SCHNEEBERGER-Profilschienenführungen**		**10**
	1.1.1	Arten von Linearführungen	10
	1.1.2	Eigenschaften und Vorteile von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen	12
1.2	**Aufbau einer Profilschienenwälzführung**		**15**
	1.2.1	Führungswagen und Führungsschiene	15
	1.2.2	Einzelteile und Zubehör	16
	1.2.3	Bauformen und Konstruktionsprinzipien	18
	1.2.4	Werkstoffe	21
	1.2.5	Härteverfahren	21
1.3	**Tragfähigkeit**		**23**
	1.3.1	Tragfähigkeit	23
	1.3.2	Dynamische Tragzahl C	23
	1.3.3	Statische Tragzahl C_0	24
	1.3.4	Statische und dynamische Momente	25
	1.3.5	Belastungsrichtungen	26
1.4	**Vorspannung**		**28**
	1.4.1	Definition	28
	1.4.2	Erzeugung	29
	1.4.3	SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen	29
1.5	**Steifigkeit**		**30**
	1.5.1	Definition	30
1.6	**Genauigkeit**		**31**
	1.6.1	Genauigkeit	31
	1.6.2	Genauigkeitsklassen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen	31
	1.6.3	Ablaufgenauigkeit	31
	1.6.4	Einflüsse auf die Ablaufgenauigkeit	33
	1.6.5	Maßnahmen zur Verbesserung der Genauigkeit	35
1.7	**Lebensdauer Berechnungsgrundlagen**		**36**
	1.7.1	Begriffsdefinitionen	36
	1.7.2	Geltende Normen	36
1.8	**Dichtsysteme**		**37**
	1.8.1	Funktion von Dichtungen	37
	1.8.2	Arten von Dichtungen	37
	1.8.3	Reibung unterschiedlicher Dichtungen	39
1.9	**Geräuschentwicklung**		**40**
	1.9.1	Definition	40
	1.9.2	Ursachen	40
	1.9.3	Maßnahmen zur Geräuschreduzierung	41
1.10	**Schmierung**		**42**
	1.10.1	Aufgabe der Schmierung	42
	1.10.2	Schmierstoffarten	42
	1.10.3	Eigenschaften der Schmierstoffe	43
	1.10.4	Empfohlene Schmierstoffe	44
	1.10.5	Kenngrößen und Additive von Schmierstoffen	44
	1.10.6	Kurzbezeichnung der Schmierstoffe nach DIN 51502	45
	1.10.7	Einflussparameter bei der Schmierstoffwahl	46

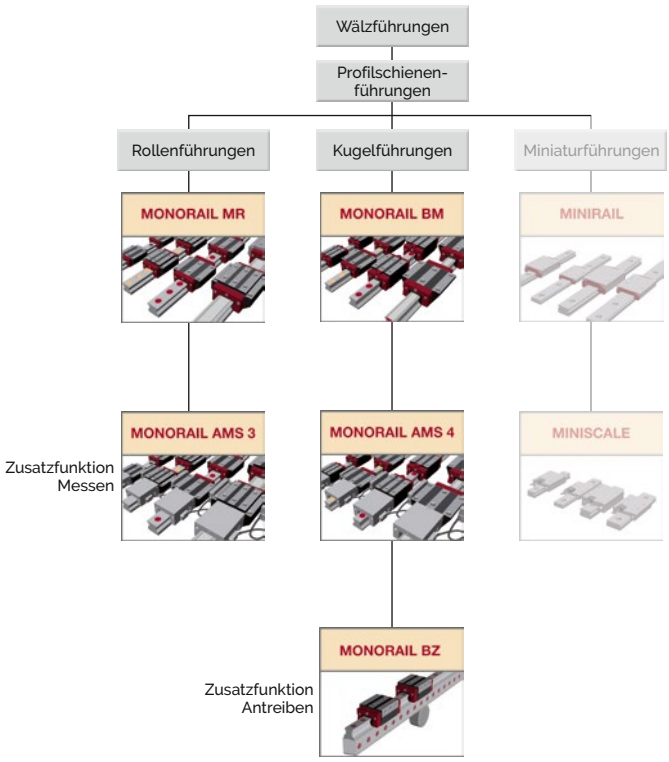
1.1.1 Arten von Linearführungen

Linearführungen ermöglichen in Maschinen und technischen Systemen präzise geradlinige Bewegungen. Je nach Bauform können sie Kräfte quer zur Bewegungsrichtung und Momente übertragen. Linearführungen lassen sich nach der Art des physikalischen Wirkprinzips gemäß nachfolgendem Bild einteilen.



Wälzführungen können weiterhin nach der Art der Wälzkörperbewegung innerhalb der Führungen weiter unterteilt werden in Wälzführungen mit und ohne Wälzkörperumlauf.
Bei Führungen ohne Wälzkörperumlauf wird der Hub durch die Länge der Führungsteile begrenzt. Führungen mit Wälzkörperumlauf, zu denen die SCHNEEBERGER-Profilschienenführungen gehören, besitzen einen theoretisch unbegrenzten Hub, der nur durch die Länge der Führungsschiene limitiert wird.
Das Bild im folgenden Abschnitt zeigt eine Übersicht der Wälzführungen mit entsprechenden Produkten von SCHNEEBERGER.

SCHNEEBERGER-Profilschienenführungen sind kompakte, einbaufertige Linearführungssysteme, die aus einer Profilschiene und einem wälz gelagerten Führungswagen mit geschlossenem Wälzkörperumlauf aufgebaut sind. Als Wälzkörper kommen Rollen oder Kugeln zum Einsatz. Je nach Bauform unterscheiden sich die Führungen in der Anzahl der Laufbahnen. Sie erlauben eine reibungsarme und aufgrund der vorgespannten Führungswagen spielfreie und präzise Bewegung in Längsrichtung. Sie nehmen dabei Kräfte aus allen Richtungen quer zur Bewegung und Momente um alle Achsen auf. Aufgrund der genormten Hauptabmessungen sind die Führungen verschiedener Hersteller austauschbar.
SCHNEEBERGER-Profilschienenführungen können, wie die nachfolgende Übersicht zeigt neben dem präzisen Führen noch weitere Funktionen, wie z. B. Antreiben mithilfe integrierter Zahnstangen und Messen durch die Integration von Wegmesssystemen, erfüllen.



EDOKATGF_0002

1.1.2 Eigenschaften und Vorteile von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen

Aufgrund des zunehmenden Wettbewerbs müssen Produkte heutzutage immer kostengünstiger und somit immer schneller in immer besserer Qualität hergestellt werden. Dies stellt hohe Anforderungen an Produktionsanlagen und deren Führungselemente, die in besonderem Maße neben den Antrieben und Steuerungen für die produzierte Qualität verantwortlich sind.
Zu den Anforderungen an moderne Linearführungen zählen:

- Hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit
- Gleichbleibende Präzision
- Spielfreiheit
- Gute dynamische Eigenschaften
- Leichtgängigkeit
- Wirtschaftlichkeit
  - Geringe Anschaffungskosten
  - Einfache Montage und Justage
  - Geringer Wartungsaufwand
  - Einfache Lagerhaltung und Ersatzteilbeschaffung
  - Standardisierung
  - Austauschbarkeit
  - Lange Lebensdauer
  - Mehrwert durch Integration zusätzlicher Funktionen
- Umweltverträglichkeit

SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen erfüllen diese Anforderungen in hohem Maße und bieten damit gegenüber hydrodynamischen Gleitführungen entscheidende Vorteile.

Tragfähigkeit und Steifigkeit
Aufgrund ihres Konstruktionsprinzips können SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen trotz kompakter Bauweise hohe Kräfte und Momente aus allen Richtungen aufnehmen. Tragfähigkeit und Steifigkeit hängen hierbei im Wesentlichen von der Anzahl der tragenden Wälzkörper und deren Bauform ab.
Rollenführungen haben aufgrund der größeren Kontaktfläche zwischen Wälzkörper und Laufbahn im Vergleich zu Kugelführungen eine höhere Tragfähigkeit und Steifigkeit und können daher bei gleichem Bauraum höhere Kräfte aufnehmen.

Unveränderliche Präzision
Bei SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen rollen die Wälzkörper auf den Laufbahnen nahezu ohne Schlupf. Dadurch unterliegen sie nur sehr geringem Verschleiß, wozu auch die serienmäßige vollständige Abdichtung der Führungswagen beiträgt. Bei sachgemäßem Gebrauch behalten die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen ihre Präzision über ihre gesamte Lebensdauer, ohne dass sie in irgendeiner Form nachjustiert oder nachbearbeitet werden müssen.
Dies setzt allerdings voraus, dass folgende Bedingungen erfüllt werden:

- Ausreichende Schmierung
- Schutz der Führungen vor abrasiven Partikeln durch geeignete Maßnahmen
- Vermeidung von Überlast
- Schutz vor Chemikalien

Spielfreiheit
Die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen werden mit einer Vorspannung versehen, die dafür sorgt, dass die Profilschienenführungen auch unter Krafteinwirkung spielfrei sind. Dies bedeutet, dass die Wälzkörper nicht von den Laufbahnen abheben. Außerdem wird durch die Vorspannung die Steifigkeit des Systems beeinflusst, was allerdings auch Auswirkungen auf die Verschiebekraft F_V und die Lebensdauer hat.
Durch die Wahl der Vorspannklasse kann die Höhe der Vorspannung und damit die

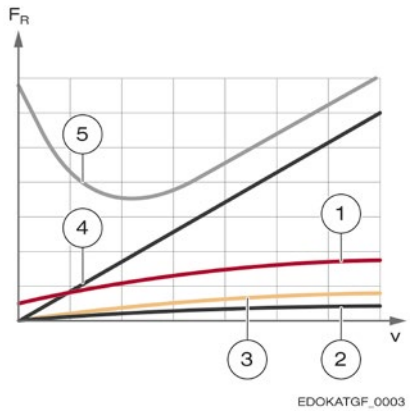
Steifigkeit anwendungsbezogen bestellt werden. Die Vorspannung wird bei der Produktion durch die Wahl entsprechender Wälzkörper erzeugt und muss nicht bei der Montage eingestellt werden. Der Kunde erhält komplett einsatzbereite Systeme, die ihre Vorspannung über die gesamte Einsatzdauer bei entsprechenden Umgebungsbedingungen unverändert beibehalten.

Dynamische Eigenschaften

Moderne SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind sehr gut geeignet für hochdynamische Anwendungen und auf diesem Gebiet den Gleitführungen deutlich überlegen. Dabei können mit Kugelführungen prinzipbedingt höhere Geschwindigkeiten und Beschleunigungen realisiert werden als mit Rollenführungen. Dies liegt an der geringeren bewegten Masse der Wälzkörper und an der einfacheren Führung der Kugeln auf ihrem Umlauf, da bei ihnen die Orientierung keine Rolle spielt.

Leichtgängigkeit

Neben der Dichtungsreibung müssen SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen die Rollreibung der Wälzkörper überwinden. Sie weisen gegenüber Gleitführungen eine deutlich geringere Verschiebekraft auf, die auch, wie das Bild unten zeigt, mit zunehmender Geschwindigkeit nur wenig ansteigt. Außerdem gibt es keine ausgeprägte Anfahrreibung mit Stick-Slip-Effekt wie bei hydrodynamischen Gleitführungen. Dadurch können hohe Positioniergenauigkeiten erreicht und kleinere Antriebe eingesetzt werden.



1 Wälzführung
2 Magnetführung
3 Aerostatische Führung
4 Hydrostatische Führung
5 Hydrodynamische Führung

F_R Reibungskraft
v Geschwindigkeit

Geschwindigkeit v gegen die Reibungskraft F_R aufgetragen.

Wirtschaftlichkeit

SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind standardisierte Maschinenelemente, deren Bauform, Hauptabmessungen und Baugrößen genormt sind. Dies gewährleistet die Austauschbarkeit der Systeme verschiedener Hersteller und spart Kosten bei der Beschaffung und Lagerhaltung.

Da die Führungen als komplette Einheiten auf das Maschinenbett aufgeschraubt werden, ist der Aufwand für die Montage und Justage gering. Auch die Gestaltung des Maschinenbetts ist weniger aufwendig als bei Gleitführungen. In der Regel genügt eine Fräsbearbeitung der Anschlussflächen, um eine hohe Genauigkeit zu erzielen. Es müssen keine Laufbahnen geschabt werden.

Ein weiteres Potenzial zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit bietet die Integration zusätzlicher Funktionen in die Führungen, wie es z. B. die Produkte von SCHNEEBERGER mit integriertem Zahnstangenantrieb BZ oder Wegmesssystem AMS ermöglichen.

SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind bei ausreichender Schmierung nahezu wartungsfrei und erreichen eine hohe Lebensdauer. Sie behalten ihre Qualität über den gesamten Einsatzzeitraum bei. Schmierung und Verschleißteilewechsel stellen einen geringen Aufwand dar.

Dies verdeutlicht, dass mit SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen gegenüber anderen Führungsarten eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt werden kann

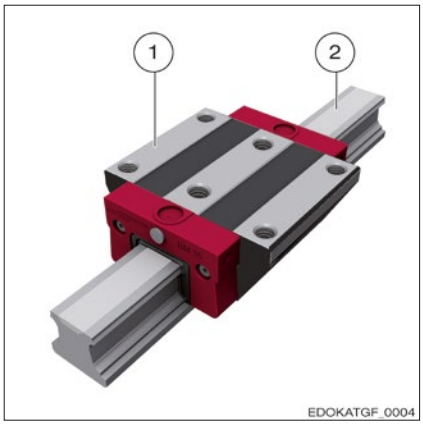
Umweltverträglichkeit

Die Führungswagen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind durch Abstreifer rundum abgedichtet und besitzen zwischen ihren Wälzkörpern und in den Wälzkörperumläufen Hohlräume, die als Schmierstoffdepots wirken. Dadurch ist vor allem bei Fettschmierung der Schmierstoffaustrag und damit der Schmierstoffverbrauch sehr gering. Bei Wälzführungen ist im Gegensatz zu Gleitführungen nur ein extrem dünner Schmierstofffilm zur Trennung der metallischen Wälzpartner erforderlich. Damit wird zur sicheren Funktion nur wenig Schmierstoff benötigt, wodurch die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen eine hohe Umweltverträglichkeit aufweisen.

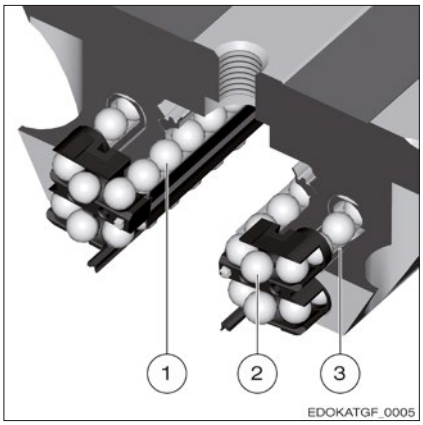
Die gute Umweltverträglichkeit der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen zeigt sich auch bei der Entsorgung der Produkte. So ist eine einfache Trennung der unterschiedlichen Werkstoffe gewährleistet, Stahl und Kunststoffe lassen sich wiederverwerten.

1.2.1 Führungswagen und Führungsschiene

SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen bestehen aus Führungsschienen und Führungswagen, in denen sich Wälzkörper befinden. Die Wälzkörper laufen auf geschlossenen Bahnen im Führungswagen und ermöglichen dadurch die unbegrenzte lineare Bewegung der Führungswagen auf der Führungsschiene. Die Wälzkörperbahnen teilen sich auf in eine tragende Lastzone und in einen unbelasteten Bereich, der sich aus Umlenkungszonen und Rückführung zusammensetzt und dafür sorgt, dass die Wälzkörper zum Anfang der Lasftzone zurückgeführt werden.



Führungswagen mit Führungsschiene:
1 Führungswagen
2 Führungsschiene



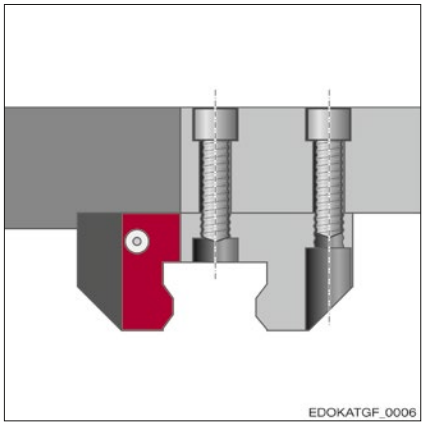
Wälzkörperumlauf im Führungswagen:
1 Kraftzone
2 Umlenkung
3 Rückführung

Referenzflächen und Befestigung

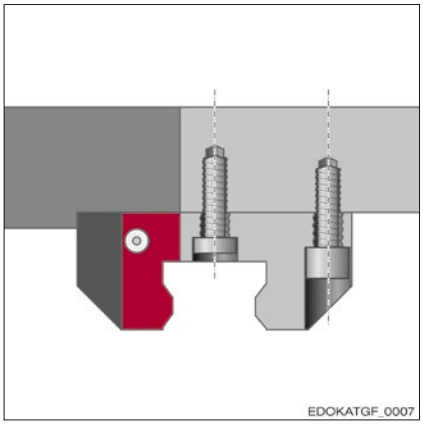
Die Anbindung von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen an die Umgebungskonstruktion erfolgt über die Führungsschienenunterseite, die Führungswagenoberseite sowie die seitlichen Anschlagflächen. Für eine größtmögliche Steifigkeit der Verbindung zwischen Führungsschiene und Umgebungskonstruktion ist die Auflagefläche auf der Führungsschienenunterseite bei SCHNEEBERGER vollflächig ausgeführt. Für die Befestigung mittels Schrauben besitzen Führungsschiene und Führungswagen mehrere Bohrungen, die entweder als Durchgangsbohrungen oder Gewindebohrungen ausgeführt sind.

Die seitlichen Anschlagflächen sind standardmäßig einseitig ausgeführt und dienen zur seitlichen Abstützung und Ausrichtung an der Anschlusskonstruktion. Auf Wunsch sind auch beidseitige Anschlagflächen lieferbar.

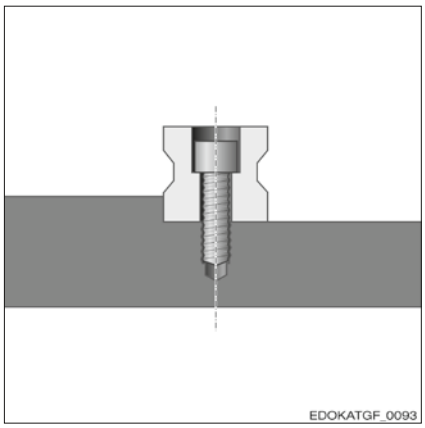
Die Qualität der Montage- und Anschlagflächen und deren Lage zueinander beeinflussen die geometrische Genauigkeit und die Lebensdauer der Führung. Sie sind daher präzise und in hoher Qualität gefertigt.



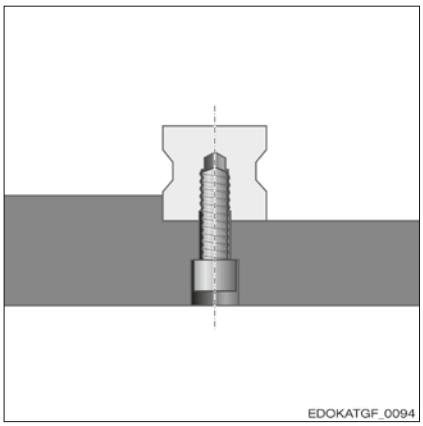
Verwendung der Gewindebohrung



Verwendung der Führungswagenbohrung als Durchgangsbohrung



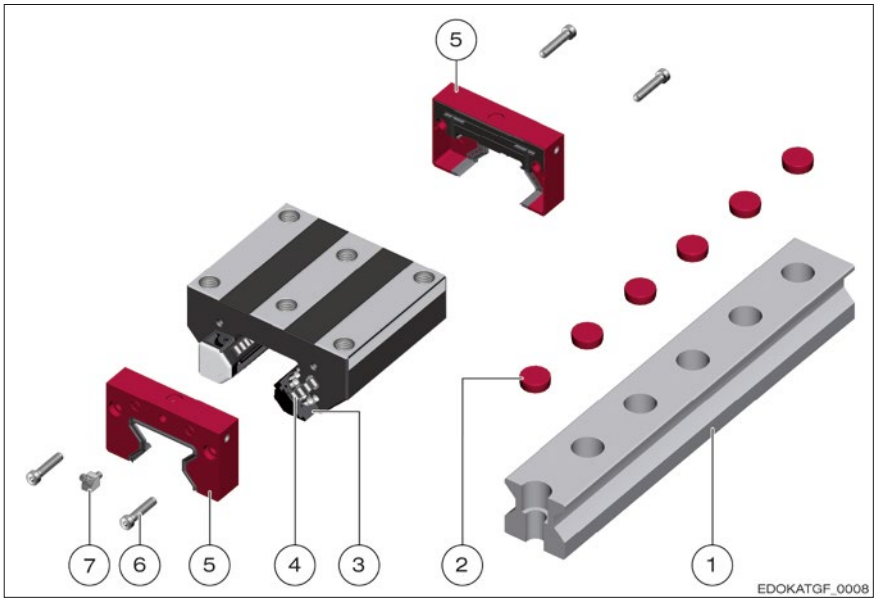
Führungsschiene mit Durchgangsbohrung



Führungsschiene mit Gewindebohrung von unten

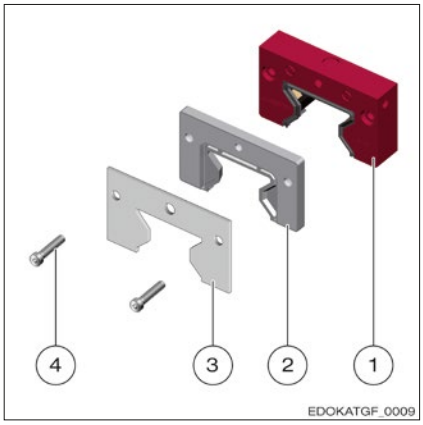
1.2.2 Einzelteile und Zubehör

Die Führungswagen von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen bestehen aus mehreren Einzelteilen. Kernstück ist der tragende Grundkörper aus hochwertigem Wälzlagerstahl mit den Befestigungsbohrungen sowie den Laufbahnen und Rückführbohrungen für die Wälzkörper.
Als Wälzkörper kommen Rollen oder Kugeln zum Einsatz. Diese bestehen ebenfalls aus gehärtetem Wälzlagerstahl. Ein weiterer Bestandteil des Führungswagenkörpers sind die Kunststoff-Führungselemente mit den integrierten Längsabstreifern.
Die Umlenkung der Wälzkörper ist ebenfalls Bestandteil des Führungswagenkörpers. Die Stirnplatten besitzen integrierte Querabstreifer zur stirnseitigen Abdichtung der Führungswagen und übernehmen die Schmierstoffverteilung innerhalb des Führungswagens. Über Anschlussgewinde können Schmiernippel oder Adapterstücke eingeschraubt werden, über die der Schmierstoff ins Innere der Stirnplatte gelangt und von dort über Kanäle verteilt und zu den Wälzkörpern geleitet wird.
Die Führungswagen können mit Zubehör wie Zusatzabstreifern, Blechabstreifern oder Schmierplatten ergänzt werden, die stirnseitig vor die Stirnplatten montiert werden und eine optionale Anpassung des Systems an die jeweilige Applikation ermöglichen.
Die Führungsschienen bestehen wie die Führungswagen aus Wälzlagerstahl und sind entweder im Laufbahnbereich oder vollständig gehärtet. Verschlusselemente für die Führungsschienenbohrungen in Form von Kappen oder Abdeckbändern komplettieren die Führungsschienen.



Grundausstattung einer SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung am Beispiel einer Rollenführung MONORAIL MR:

1 Führungsschiene
2 Optionen zum Verschließen der Bohrungen (z. B. Kunststoffstopfen)
3 Rollenumlenkung
4 Rollen
5 Stirnplatte
6 Schrauben
7 Schmiernippel



1 Schmierplatte (SPL)
2 Zusatzabstreifer (ZCN/ZCV)
3 Metallabstreifer (ASM)
4 Befestigungsschrauben

Zubehör einer SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung am Beispiel einer Rollenführung MONORAIL MR.

1.2.3 Bauformen und Konstruktionsprinzipien

Geltende Normen
SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen gibt es in einer Vielzahl von Baugrößen und Bauformen. Um einen einheitlichen Standard für diese Maschinenelemente zu schaffen, wurden die wichtigsten Ausführungsvarianten in der Industrienorm DIN 645 Teil 1 zusammengefasst. Die Norm legt neben den Bauformen die Hauptabmessungen und Genauigkeitsklassen für Führungsschienen und Führungswagen fest. Die SCHNEEBERGER MONORAIL MR und BM Produkte entsprechen dieser Norm und sind dadurch austauschbar.
Neben den genormten Ausführungen bietet SCHNEEBERGER für spezielle Anwendungen noch eine Vielzahl von weiteren Varianten, wie z. B. spezielle Führungsschienenquerschnitte, Führungsschienen mit Verzahnung, kurze Führungswagen oder Schwerlastausführungen an.

Wichtige Produktnormen

DIN 637
Sicherheitstechnische Festlegungen für Dimensionierung und Betrieb von Profilschienenführungen mit Wälzkörperumlauf

DIN 645 - Teil 1:
Profilschienen-Wälzführungen - Teil 1: Maße für Serie 1 bis 3

DIN 645 - Teil 2:
Profilschienen-Wälzführungen - Teil 2: Maße für Serie 4

DIN ISO 14728 - Teil 1:
Linear-Wälzlager - Teil 1: Dynamische Tragzahlen und nominelle Lebensdauer

DIN ISO 14728 - Teil 2:
Linear-Wälzlager - Teil 2: Statische Tragzahlen

ISO 12090 - Teil 1:
Linearlager mit Kugel- und Rollenumlauf - Linearführung - Teil 1: Maße und Toleranzen für Serien 1, 2 und 3

ISO 12090 - Teil 2:
Linearlager mit Kugel- und Rollenumlauf - Linear Führung - Teil 2: Maße und Toleranzen für Serien 4 und 5

Einzelteile

DIN 5401:
Kugeln für Wälzlager und allgemeinen Industriebedarf

DIN 5402 - Teil 1:
Wälzlagerteile - Teil 1: Zylinderollen

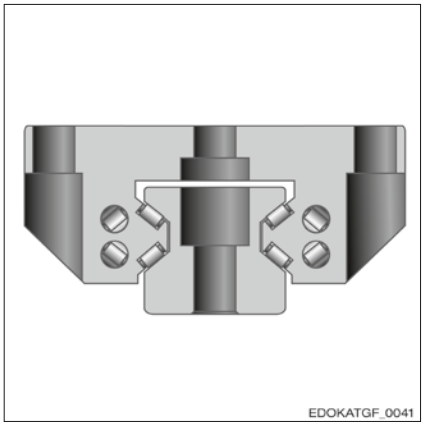
DIN 631:
Prüfbedingungen zur versuchstechnischen Verifikation der dynamischen Tragzahl von linearen Wälzführungen mit profilierten Schienen und Wälzkörperumlauf

Baugrößen

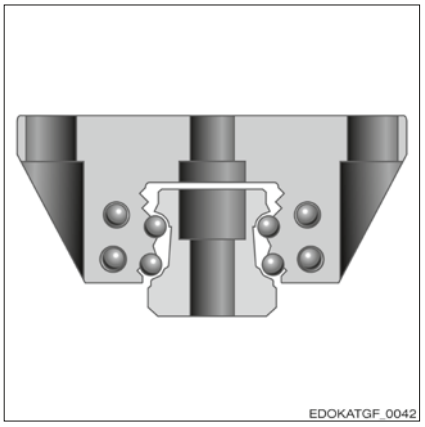
Die Baugröße der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen entspricht annähernd der Führungsschienenfußbreite in mm und ist von dieser abgeleitet. Sie definiert auch die Hauptabmessungen der Führungswagen und die Befestigungsbohrbilder. In Teil 2 der DIN 645 (Maße für Serie 4) sind die Miniaturführungen der Baugrößen 7, 9, 12 und 15 zusammengefasst.

Anordnung der Wälzkörper

Die Anzahl der Wälzkörperreihen und die Anordnung der Wälzkörper hängen bei Profilschienenführungen von der Wälzkörperform, dem Wälzkontakt, dem verfügbaren Bauraum, den übertragbaren Kräften und anderen Faktoren ab. Es gibt Führungen mit zwei, vier, sechs oder mehr Wälzkörperreihen. Prinzipiell steigen mit der Anzahl der Wälzkörperreihen Tragfähigkeit und Steifigkeit an, gleichzeitig nehmen aber auch die Verschiebekraft und der konstruktive Aufwand zu.
Bei SCHNEEBERGER werden 4-reihige und 2-reihige Führungen angeboten, wie nachfolgende Übersicht zeigt:



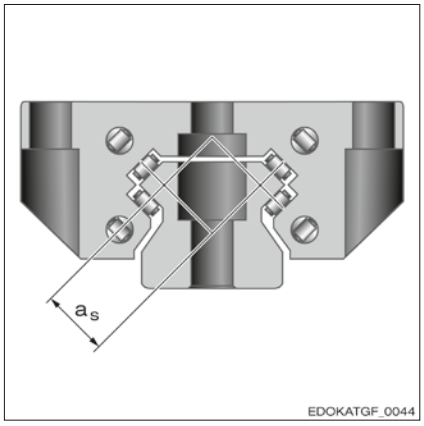
Führungsart:
– SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen mit Rollen
Geometrie:
– 4-reihig
– Linienkontakt
– O-Geometrie
SCHNEEBERGER-Produkte:
– MONORAIL MR
– MONORAIL AMS 3B
– MONORAIL AMSABS 3B
– MONORAIL AMSA 3L



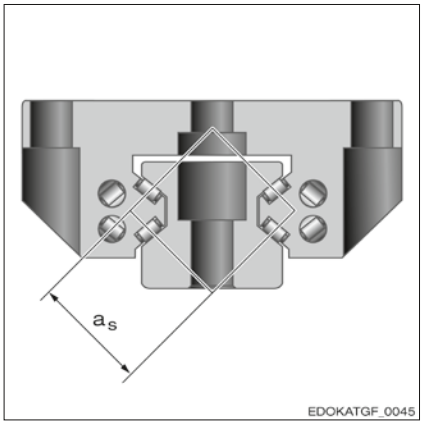
Führungsart:
– SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen mit Kugeln
Geometrie:
– 4-reihig
– 2-Punkt-Kontakt
– O-Geometrie
SCHNEEBERGER-Produkte:
– MONORAIL BM
– MONORAIL BZ
– MONORAIL AMS 4B
– MONORAIL AMSABS 4B

O-Geometrie

Bei der Anordnung der Laufbahnen von Profilschienenführungen wird zwischen X- und O-Geometrie unterschieden. Mit der so genannten O-Geometrie der Laufbahnen werden mit um 90° versetzten Wälzkörperlaufbahnen große innere Stützabstände realisiert. Hierdurch können die Führungen gleichmäßig hohe Kräfte aus allen Richtungen und größere Momente um die Längsachse aufnehmen. Sie weisen dabei eine höhere Torsionssteifigkeit auf als mit der X-Geometrie. Deshalb werden Rollen- und Kugelführungen von SCHNEEBERGER in der vorteilhaften O-Geometrie ausgeführt.



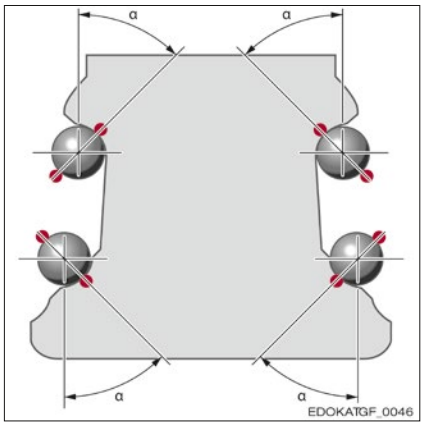
X-Geometrie mit Stützabstand a_s



O-Geometrie mit Stützabstand a_s

Druckwinkel

Bei SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind die Laufbahnen unter einem bestimmten Winkel angeordnet, damit sie Kräfte aus unterschiedlichen Richtungen aufnehmen können. Dieser Druckwinkel **α** ist nach DIN ISO 14728 als Winkel zwischen der Richtung der auf die Führung wirkenden Kraft und der Wirkungslinie der resultierenden Kraft, die von einer Laufbahn auf einen Wälzkörper übertragen wird, definiert. Alle MONORAIL-Führungen von SCHNEEBERGER besitzen einen Druckwinkel von **α** = 45° und können daher gleich große Kräfte aus allen Richtungen aufnehmen.



Druckwinkel der Wälzkörper an der Führungsschiene.

1.2.4 Werkstoffe

Als Werkstoffe für Führungsschienen und Führungswagen werden bei SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen hochwertige Werkzeugstähle und verschiedene hochwertige Kunststoffe verwendet. Im Zubehörbereich kommen teilweise auch Buntmetalle und Aluminium zum Einsatz.
Die nachfolgende Tabelle zeigt eine Übersicht der bei SCHNEEBERGER eingesetzten Materialien:

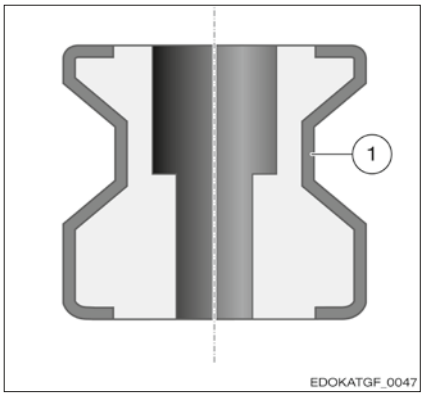
Bauteile	Werkstoffe
Führungsschienen	Wälzlagerstahl, Laufbahnen oder komplette Führungsschiene gehärtet
Führungswagengrundkörper	Wälzlagerstahl, Grundkörper durchgehärtet
Wälzkörper	Wälzlagerstahl, gehärtet
Stirnplatten	PAPA, spritzgegossen
Umlenkungen	POM und Polyamid, spritzgegossen
Dichtungen	TPU, spritzgegossen
Zusatzabtreifer	NBR oder FPM (Viton) für die Dichtlippen, Edelstahl für die Trägerplatte
Blechabstreifer	Edelstahl rostfrei
Stopfen für Führungsschiene	Edelstahl rostfrei, Messing, Kunststoff (POM)
Abdeckband für Führungsschiene	Federstahl, rostfrei
Lesekopf	Edelstahl, rostfrei
Anbaugehäuse	Aluminium
Elektronikgehäuse	Aluminium
Schmierzubehör	Stahl, verzinkt, vernickelt oder gelb chromatiert

1.2.5 Härteverfahren

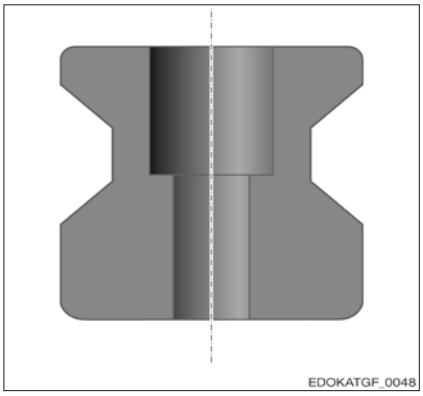
Zur Erzielung einer ausreichend hohen Tragfähigkeit und langer Lebensdauer müssen bei Profilschienenführungen die im Wälzkontakt stehenden Flächen eine hohe Oberflächenhärte aufweisen. Hierzu werden bei Führungsschienen und Führungswagen entweder nur die Wälzkörperlaufbahnen oder die komplette Führungsschiene und der komplette Führungswagenkörper gehärtet.

Führungsschienen
Bei SCHNEEBERGER werden sowohl Führungsschienen mit induktiv gehärteten Laufbahnen, als auch komplett gehärtete Führungsschienen angeboten. Neben der Erzielung einer ausreichenden Tragfähigkeit bietet eine harte Oberfläche der Führungsschienen gegenüber einer weichen Oberfläche je nach Anwendung folgende Vorteile:

- Lange Lebensdauer von Abstreifern
- Oberfläche kann als Lauffläche für Schutzabdeckungen genutzt werden (nur durchgehärtete Führungsschienen)
- Schutz der Führungsschiene vor aufprallenden Spänen (nur durchgehärtete Führungsschienen)



Induktiv gehärtete Führungsschiene mit Härtezone (1) am Beispiel einer MR Führungsschiene



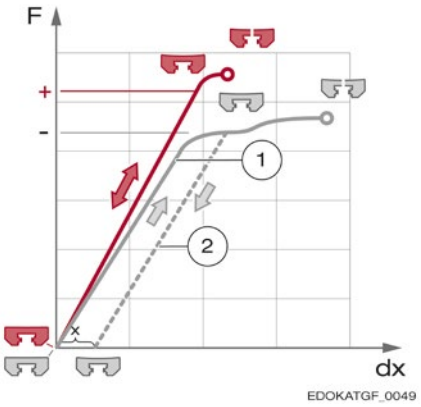
Durchgehärtete Führungsschiene am Beispiel einer MR Führungsschiene

Führungswagen

Die Stahlgrundkörper der Führungswagen sind die maßgeblichen Elemente zur Erzielung einer hohen Lebensdauer, sowie einer über die gesamte Lebensdauer konstanten Genauigkeit. Um diese hohen Ansprüche über die gesamte Nutzungsdauer, auch unter extremen Belastungen, ohne eine plastische Verformung des Führungswagens, zu erhalten, verwendet SCHNEEBERGER für alle Produkte hochwertige Wälzlagerstähle. Bei diesen sind nicht nur die Laufflächen sondern der komplette Führungswagenquerschnitt gehärtet. Selbst bei Beanspruchungen über die vorgesehene Verwendung hinaus behalten SCHNEEBERGER Führungswagen ihre werkseitig eingestellten Eigenschaften, da prinzipbedingt keine plastische Verformung auftritt.

Vorteile durchgehärteter Führungswagen:

- Hohe Dimensionsstabilität des Führungswagengrundkörpers über die gesamte Gebrauchsdauer
- Keine plastische Deformation des Führungswagens im Fall von Überlast oder Crash
- Keine undefinierten Geometriefehler und Vorspannungsverluste
- Hohe Kraftaufnahme bis zur Bruchgrenze
- Geschliffene Anschlussflächen im Führungswagen können während Transport, Lagerung, Montage und Inbetriebnahme nicht beschädigt oder zerkratzt werden



1 Belastung
2 Entlastung

rot = durchgehärtet

grau = induktiv gehärtet

Kraft F ist gegen Deformation dx bis zur Bruchgrenze aufgetragen.
Bei zu hoher Belastung wird ein induktiv gehärteter Wagen plastisch verformt; es bleibt die Deformation x.

1.3.1 Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit ist ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl und Auslegung von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen und ein Maß für deren Leistungsfähigkeit. Sie wird durch die Kenngrößen

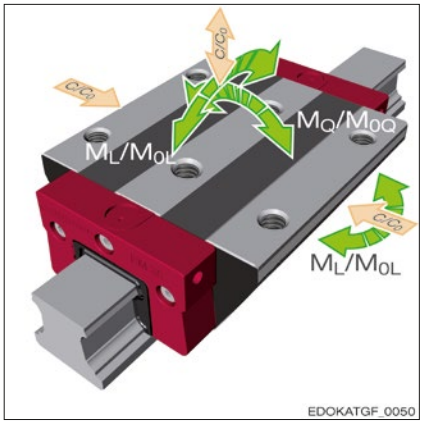
- Dynamische Tragzahl C (N)
- Statische Tragzahl C_0 (N)

sowie durch die davon abgeleiteten Kenngrößen für die zulässige Momentenbelastung

- Dynamisches Längsmoment M_L (Nm)
- Dynamisches Quermoment M_Q (Nm)
- Statisches Längsmoment M_{0L} (Nm)
- Statisches Quermoment M_{0Q} (Nm)

beschrieben.

Die einzelnen Werte sind dem SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS zu entnehmen.



Momente (grün) und Tragzahlen (beige)

Die Tragzahlen geben an, welche Kraft oder Last eine Führung aufnehmen kann, bevor sie einen bleibenden Schaden erleidet. Die Größe der Tragzahlen wird von den folgenden Faktoren bestimmt:

- Anzahl tragender Wälzkörperreihen
- Anzahl tragender Wälzkörper pro Reihe
- Wälzkörperdurchmesser
- Wälzkörperlänge (bei Rollen)
- Druckwinkel
- Werkstoff
- Oberflächenhärte der Laufbahnen

1.3.2 Dynamische Tragzahl C

Die dynamische Tragzahl C (N) ist die Kraft, mit der eine Linearführung theoretisch eine definierte Wegstrecke ohne Ermüdungserscheinungen erreichen kann. Nach der Norm DIN ISO 14728-1 beträgt diese Bezugswegstrecke 100 km. Der Berechnung liegt die statistische Annahme zugrunde, dass 90% einer ausreichend großen Gruppe von Linearführungen die Strecke von 100 km erreicht, bevor die ersten Schädigungen an den Wälzkörpern oder Laufbahnen auftreten. Die Kraft wird hierbei als zeitlich und örtlich gleich bleibend in Druckrichtung angenommen.

Die dynamische Tragzahl ist Grundlage für die Lebensdauerberechnung von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen. Siehe auch Kapitel 4.8 - Berechnung und Dimensionierung.

Die einzelnen Werte sind dem SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS zu entnehmen.

Umrechnungsfaktoren für C

Einige Hersteller beziehen die dynamischen Tragzahlen abweichend von der DIN ISO 14728 auf eine nominelle Lebensdauer von 50 km, wodurch sich gegenüber den DIN ISO-Werten deutlich höhere Tragzahlen ergeben. Um die unterschiedlichen Werte miteinander vergleichen zu können, müssen die jeweiligen Werte nach folgenden Formeln umgerechnet werden.

$$C_{50} = 1{,}23 \cdot C_{100}$$ für Rollen-Führungen

$$C_{50} = 1{,}26 \cdot C_{100}$$ für Kugel-Führungen

EDOKATGF_0051

1.3.3 Statische Tragzahl C_0

Die statische Tragzahl C_0 (N) ist ebenfalls eine wichtige Kenngröße zur Auslegung von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen. Sie wird zur Überprüfung der statischen Tragsicherheit benutzt. Gemäß Definition nach DIN ISO 14728- 2 ist die statische Tragzahl C_0 die Kraft, bei der eine plastische Verformung von Wälzkörper und Laufbahn an der Kontaktfläche von insgesamt dem 0,0001fachen des Wälzkörperdurchmessers auftritt.

Die statische Tragzahl markiert die Belastungsgrenze der Führung im Stillstand oder bei langsamer Bewegung. Im Betrieb muss darauf geachtet werden, dass die Führung niemals Kräften ausgesetzt ist, die die statische Tragzahl überschreiten. Dies gilt auch für kurzzeitige Ereignisse wie Vibrationen oder Stöße.

Die produktspezifischen Werte werden im SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS angegeben.

Die statische Tragzahl C_0 bezieht sich ausschließlich auf die Deformation des Wälzkontakts. Die maximal zulässige Zugbelastung einer Profilschienenführung wird jedoch auch durch die Schraubenverbindungen an Führungswagen und Führungsschiene begrenzt. Siehe Kapitel 4.9.7 - Befestigung Führungsschiene - Zulässige Zugkräfte und Quermomente.

Statische Tragsicherheit S_0

Die statische Tragsicherheit S_0 ist ein Wert für die Sicherheit gegen unzulässige bleibende Verformungen an Wälzkörpern und Laufbahnen. Sie ist als Verhältnis der statischen Tragzahl C_0 zur statischen äquivalenten Kraft P_0 definiert.

$$S_0 = C_0 / P_0$$

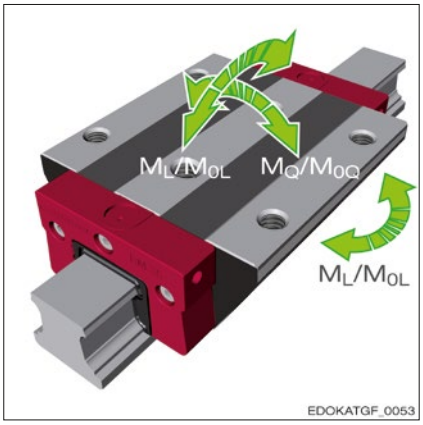
S_0 statische Tragsicherheit
C_0 statische Tragzahl
P_0 statische äquivalente Kraft

EDOKATGF_0052

Abhängig vom Anwendungsfall und den Einsatzbedingungen sind geeignete Sicherheitsfaktoren für die statische Tragsicherheit empfehlenswert. Siehe Kapitel 4.8 - Berechnung und Dimensionierung.

1.3.4 Statische und dynamische Momente

Das zulässige statische Moment M0 ist ein Moment, das am Führungswagen eine Belastung hervorruft, die der statischen Tragzahl C0 entspricht. Das gleiche gilt entsprechend für das zulässige dynamische Moment M und die dynamische Tragzahl C. Die zulässigen dynamischen Momente sind für die Führungsauslegung, bei der Belastung der Führungswagen mit Quermomenten MQ und Längsmomenten ML, maßgebend. Quer- und Längsmomente erhöhen die Gesamtbelastung der Führung und sind bei der Berechnung von Lebensdauer und statischer Tragsicherheit S0 entsprechend zu berücksichtigen. Siehe Kapitel 4.8 - Berechnung und Dimensionierung.
Die Höhe der zulässigen Längsmomente ML hängt im Wesentlichen von der Anzahl der Wälzkörper pro Reihe ab und damit von der Führungswagenlänge. Lange Führungswagen können daher höhere Momente aufnehmen als kurze. Die Belastung der einzelnen Wälzkörper nimmt dabei von außen zur Führungswagenmitte hin ab. Für die Höhe der zulässigen Quermomente MQ ist neben der Führungswagenlänge der Laufbahnabstand maßgebend. Der Laufbahnabstand ist bei der so genannten O-Geometrie höher als bei Führungen mit X-Geometrie. Siehe Kapitel 1.2 - Aufbau einer Profilschienenwälzführung.
Das statische Quermoment M0Q bezieht sich ausschließlich auf die Deformation des Wälzkontakts. Das maximal zulässige Quermoment einer Profilschienenführung wird jedoch auch durch die Schraubenverbindung an Führungswagen und Führungsschiene begrenzt. Siehe Kapitel 4.9.7 - Befestigung Führungsschiene - Zulässige Zugkräfte und Quermomente.



Momente die auf den Führungswagen wirken.

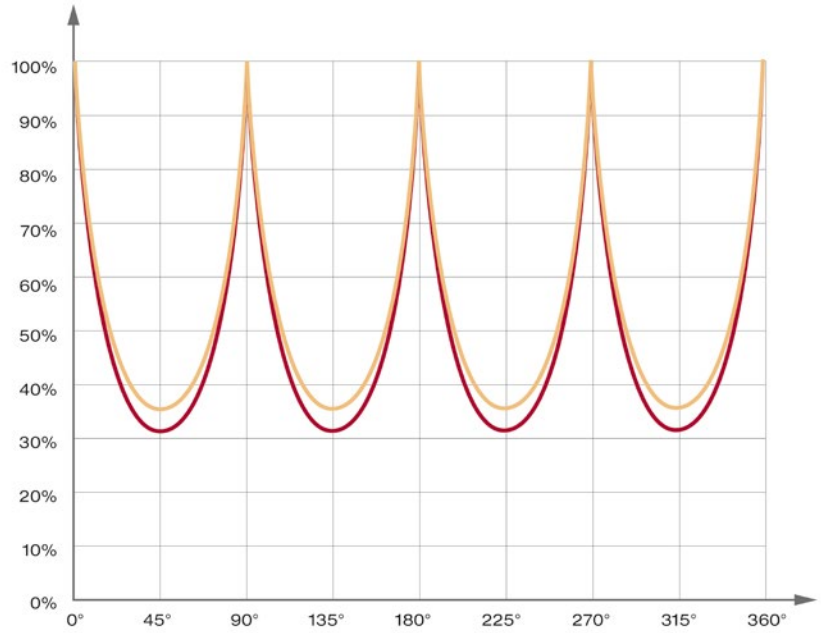
Bei den SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind die vier Laufbahnen in einem 90°-Winkel zueinander angeordnet. Dadurch ergibt sich für die Längsmomente eine gleich hohe Belastbarkeit bei Momenten um Querachse (ML) und Hochachse (ML). Durch die O-Geometrie der Führungen wird ein großer Laufbahnabstand und damit eine hohe Belastbarkeit bei Momenten um die Längsachse (MQ) erreicht.
Die einzelnen Werte sind dem SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS zu entnehmen.

1.3.5 Belastungsrichtungen

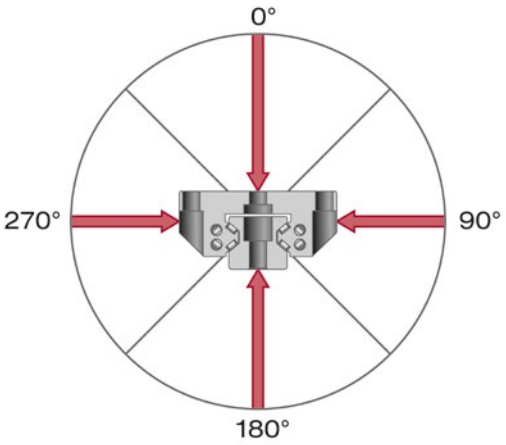
Einfluss auf die Tragzahlen

Die statischen (C0) und dynamischen (C) Tragzahlen werden im SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS für die Belastungsrichtungen Zug/Druck/Seitenkraft angegeben.

Werden die Führungen unter einem anderen Winkel belastet sinkt die Tragfähigkeit. Grund hierfür ist die interne Kraftaufnahme. Im Idealfall wird die Kraft von 2 Laufbahnen aufgenommen. Im ungünstigsten Fall, bei einer Belastung unter 45°, trägt nur eine Laufbahn. Die Tragfähigkeit sinkt hierbei auf ca. 70% des ursprünglichen Wertes, wodurch sich die Lebensdauer auf fast 30% verringert.

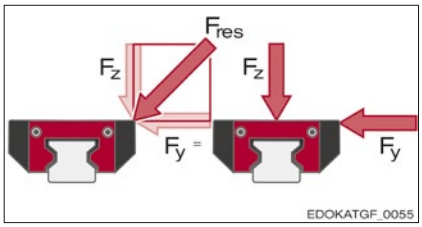


Einfluss der Kraftrichtung auf die Lebensdauer in %: Rollenführung MR (rot) und Kugelführung BM (gelb).



Einflüsse auf die Lebensdauer

Die Tragfähigkeit und die Lebensdauer der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen hängen von der Belastungsrichtung ab. Bei der Lebensdauerberechnung wird dies durch die kombinierte äquivalente Kraft P berücksichtigt.
Geometrisch betrachtet, addieren sich bei einer schrägen Kraftrichtung horizontale F_Y und vertikale Kraftkomponente F_Z durch Vektoraddition, gemäß unten stehendem Bild zu der Gesamtbelastung F_{res}, auf den Führungswagen.



Vektoraddition der horizontalen F_Y und vertikalen F_Z Kraftkomponenten zur Gesamtbelastung F_{res}.

Bei der äquivalenten Kraft P hingegen werden die Kraftkomponenten arithmetisch nach der Formel

$$P = |F_Y| + |F_Z|$$

EDOKATGF_0056

P	äquivalente Kraft
F_Y	horizontale Kraftkomponente (Kraft in y-Richtung)
F_Z	vertikale Kraftkomponente (Kraft in z-Richtung)

addiert. Die dynamisch äquivalente Kraft ist also bei Kräften, die von den Hauptrichtungen abweichen, immer größer als die tatsächliche auf die Führung wirkende Kraft. Diese Vorgehensweise ermöglicht, dass in der Lebensdauerformel

$$L_{nom} = a_1 \cdot (C / P)^q \cdot 100km$$

EDOKATGF_0057

L_{nom}	nominelle Lebensdauer
C	dynamische Tragzahl
P	äquivalente Kraft
a_1	Lebensdauerbeiwert
q	Exponent für die Lebensdauerberechnung = 10/3 bei Rolle = 3 bei Kugel

immer die dynamische Tragzahl C eingesetzt werden kann und dennoch die verminderte Tragfähigkeit bei schräger Belastungsrichtung und die damit verbundene Lebensdauererreduzierung berücksichtigt wird. Siehe Kapitel 4.8 - Berechnung und Dimensionierung. Diese Lebensdauereinbuße bei schräger Belastung kann erheblich sein, da das Verhältnis C/P mit dem Exponenten q = 3 in die Berechnung eingeht. Im schlechtesten Fall sinkt bei einer Krafteinwirkung unter 45° die Lebensdauer um ca. 2/3 gegenüber der Lebensdauer bei einer Belastung in Hauptkraftrichtung.

Bei der Konstruktion einer Achse ist also darauf zu achten, dass die Führung entsprechend der vorherrschenden Belastungsrichtung angeordnet wird um eine möglichst hohe Lebensdauer zu erzielen.

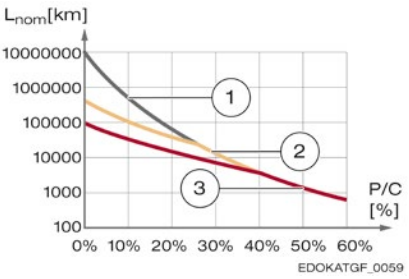
1.4.1 Definition

SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen weisen ein elastisches Einfederungsverhalten auf, das nicht linear sondern degressiv ist. Das heißt, dass die Wälzkörper bei geringer Kraft relativ weich sind und mit zunehmender Kraft steifer werden. Durch die Vorspannung werden die Führungen vorbelastet und ein Teil der elastischen Verformung vorweggenommen. Dadurch erhöht sich die Steifigkeit des Gesamtsystems. Das folgende Bild zeigt den Einfluss der Vorspannung auf das Einfederungsverhalten am Beispiel einer Kugel.

Die Vorspannung

- Verändert die Steifigkeit und damit auch die Eigenfrequenz eines Führungssystems
- Beeinflusst Hubpulsation des Führungswagens
- Erhöht den Verschiebewiderstand der Führungswagens
- Erhöht die auf den Führungswagen wirkende Last und reduziert somit die nominelle Lebensdauer. Bei der Lebensdauerberechnung muss die Vorspannung daher als zusätzliche Kraft berücksichtigt werden.

Die Wahl der Vorspannung ist somit immer ein Kompromiss zwischen Steifigkeit, Verschiebewiderstand und Lebensdauer und muss je nach Anwendung abgewogen werden. Aus diesem Grund bietet SCHNEEBERGER vier unterschiedliche Vorspannklassen V0, V1, V2 und V3 an.



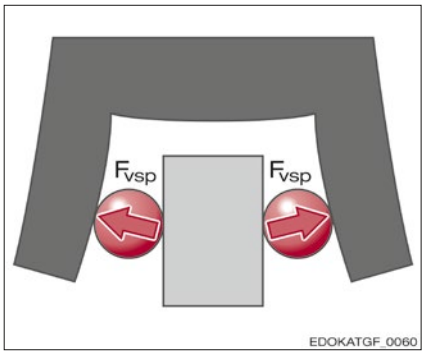
Nominelle Lebensdauer als Funktion von Vorspannung und Kraft am Beispiel einer Rollenführung MR 45.Verhältnis P/C (%) mit äquivalenter Kraft P (N) und dynamischer Tagzahl C (N) ist gegen die nominelle Lebensdauer Lnom (km) aufgetragen.

1 geringe Vorspannung, V1
2 mittlere Vorspannung, V2
3 hohe Vorspannung, V3

L_{nom} nominelle Lebensdauer
P äquivalenter Kraft
C dynamischer Tagzahl

1.4.2 Erzeugung

Die Vorspannung V im Führungswagen wird durch die Verwendung von Wälzkörpern mit Übermaß erzeugt. Das heißt, der Wälzkörperdurchmesser ist um einige Mikrometer größer als der Zwischenraum zwischen Führungsschiene und Führungswagen. Dadurch werden beim Aufschieben auf eine Führungsschiene die Flanken der Führungswagen aufgebogen. Die Vorspannung entsteht dabei durch die Rückstellkraft aufgrund der Elastizität des Führungswagenkörpers. Die Höhe der Vorspannkraft wird durch die Wahl eines entsprechenden Wälzkörperdurchmessers eingestellt.



Durch Wälzkörper erzeugte Vorspannkraft Fvsp, die gegen den Führungswagen wirkt. Bild zeigt einen fertig überschliffenen Wagenrücken.

1.4.3 SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen

Vorspannklassen
SCHNEEBERGER bietet für die MONORAIL-Führungen mit Rolle und Kugel drei bzw. vier unterschiedliche Vorspannklassen an. Siehe Kapitel 4.5 - Vorspannung.

Vorspannungsmessung
Die Vorspannung erzeugt nicht nur eine Flankenaufweitung, sondern auch eine leichte Durchbiegung des Führungswagenrückens. Diese Rückendeformation ist proportional zur Höhe der Vorspannkraft und wird daher zu deren Messung bzw. Kontrolle benutzt.

Konstanz der Vorspannung



Vorsicht

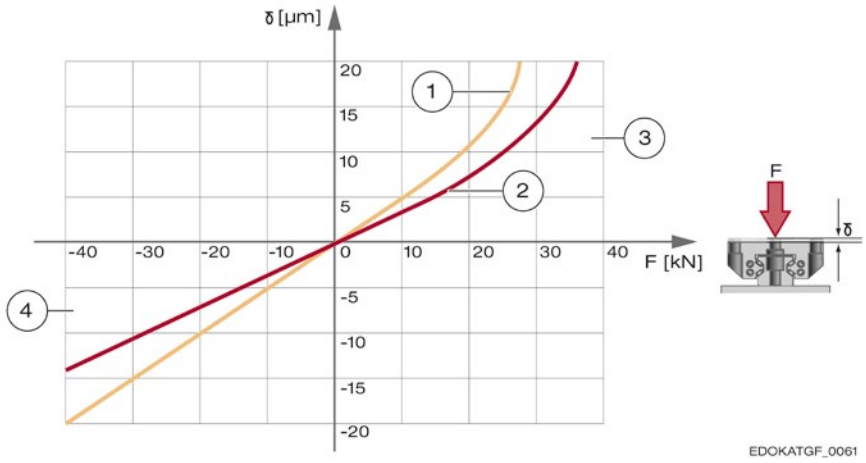
Vorspannungsverlust durch Deformation des Führungswagens

➡ Um die voreingestellte Vorspannung nach der Montage des Führungswagens sicher zu stellen, ist es notwendig die in diesem Handbuch genannten Ebenheiten der Anschlusskonstruktion einzuhalten. Ansonsten ist es möglich, dass durch eine Deformation des Führungswagens beim Anschrauben ein Vorspannungsverlust oder eine Vorspannungszunahme auftritt.

Ein Kennzeichen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen ist, dass die Führungswagen auf jeder beliebigen Führungsschiene unabhängig von der Vorspannung einen ebenen Führungswagenrücken aufweisen. Führungswagen mit unterschiedlicher Vorspannung können auf beliebigen Führungsschienen eingesetzt werden. Die eingestellte Vorspannung bleibt dabei erhalten.

1.5.1 Definition

Die Steifigkeit ist eine technische Größe, die den Zusammenhang zwischen der auf einen Körper wirkenden äußeren Kraft und der elastischen Verformung des Körpers beschreibt. Bei SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen wird die Gesamtsteifigkeit der Führung von ihren Komponenten (Führungsschiene, Führungswagen und Wälzkörper), sowie von der Umgebungskonstruktion, der Anbindung der Führung an das Maschinenbett und den Achsschlitten beeinflusst. Die Steifigkeit ist ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen. Sie wird im SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS in Diagrammform für die Hauptkraftrichtungen Zug und Druck angegeben.
Das Diagramm berücksichtigt nur das Profilschienensystem Führungswagen/ Führungsschiene.



Deformation δ (µm) ist gegen die Belastung F (kN) aufgetragen und resultiert in Drucksteifigkeit oder Zugsteifigkeit.

Bauform:
1 MR W 45 A V3 und MR W 45 C V3
2 MR W 45 B V3 und MR W 45 D V3
3 Quadrant der Zugsteifigkeit
4 Quadrant der Drucksteifigkeit

δ Deformation
F Kraft

1.6.1 Genauigkeit

Die Genauigkeit der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen bestimmt zusammen mit der Umgebungskonstruktion wesentlich die Genauigkeit der gesamten Maschine und ist daher ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl der Führung. Je nach Anwendung werden unterschiedliche Genauigkeiten benötigt. Je höher die Genauigkeit und Stabilität der Führung ist, desto größer sind auch die Anforderungen an die Gestaltung der Montageflächen und die Steifigkeit der Umgebungskonstruktion.

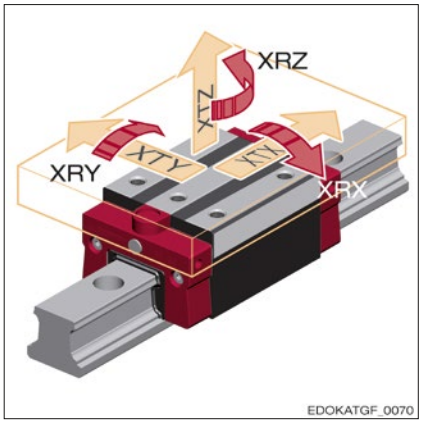
1.6.2 Genauigkeitsklassen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen

MONORAIL-Führungen werden bei SCHNEEBERGER in verschiedene Genauigkeitsklassen eingeteilt. Es werden dabei sowohl die Toleranzen der Bezugsmaße der Führungswagen zur Führungsschiene als auch die Ablaufgenauigkeit der Führungswagen über die Führungsschienenlänge definiert. Dadurch lassen sich die Produkte optimal an die notwendigen Genauigkeitsanforderungen der Applikation anpassen.

Die Toleranzen dieser Maße sind bei SCHNEEBERGER in internen Produktionsvorgaben eingegrenzt und gewährleisten dadurch eine hohe Qualität der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen im Hinblick auf den Kundennutzen und die Austauschbarkeit der Produkte.

1.6.3 Ablaufgenauigkeit

Im Idealfall erfolgt die Bewegung der Führungswagen entlang der Führungsschiene auf einer exakt geraden Bahn. Aufgrund von Fertigungstoleranzen kommt es jedoch zu Abweichungen von dieser Ideallinie, wobei die Bewegung der Führungswagen durch insgesamt 5 Komponentenfehler charakterisiert ist. Die vertikalen (XTZ) und horizontalen (XTY) Abweichungen werden durch die Ablaufgenauigkeit beschrieben. Darüber hinaus können jedoch auch Drehbewegungen um alle drei Achsen (XRX, XRY und XRZ) auftreten.



Rotations- und Translationsbewegung eines einzelnen Führungswagens

Kurzbezeichnung:

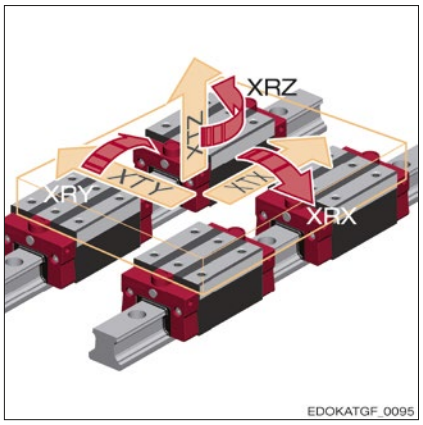
XRX	Rotationsabweichnung um die x-Achse
XRY	Rotationsabweichnung um die y-Achse
XRZ	Rotationsabweichnung um die z-Achse
XTX	Tranlationsabweichnung in x-Richtung (Bewegungsrichtung)
XTY	Tranlationsabweichnung in y-Richtung
XTZ	Tranlationsabweichnung in z-Richtung

Beschreibung der Kurzbezeichnung bei Rotation:	X	R	X
Achse			
Komponententyp (R = Rotation)			
Drehachse der Rotation (Rotationsabweichung)			

Beschreibung der Kurzbezeichnung bei Translation:	X	T	X
Achse			
Komponententyp (T = Translation)			
Richtung der Abweichung (Translationsabweichung)			

Auswirkungen der Komponentenfehler

Dargestellt am Beispiel einer Maschinenachse. Das geometrische Verhalten wird unter anderem durch die Komponentenfehler der eingebauten Linearführungen bestimmt.
Eine Achse einer Maschine besteht üblicherweise aus 4 Führungswagen die sich auf 2 Führungsschienen bewegen und mit einer starren Platte verbunden sind. Die Komponentenfehler der Einzelelemente wirken sich nun auf die Achse aus, sodass wiederum 5 Komponentenfehler jeder Achse auftreten können.



Rotations- und Translationsbewegung von 4 verbundenen Führungs-wagen

Werden nun mehr Achsen miteinander verbunden beeinflussen sich die einzelnen Komponentenfehler gegenseitig.
Aus diesem Grund ist es wichtig die Abweichungen jedes einzelnen Führungswagens im System so gering wie möglich zu halten.

1.6.4 Einflüsse auf die Ablaufgenauigkeit

Die Ablaufgenauigkeit von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen wird nicht nur von der Fertigungsgenauigkeit der Wälzkörperlaufbahnen in der Führungsschiene beeinflusst, sondern von einer Vielzahl weiterer Faktoren. Die Abweichungen, die daraus resultieren, lassen sich nach ihrem Muster folgendermaßen einteilen.

Langwellige Abweichung:
- Geometriefehler der Führungsschienenlaufbahnen
- Geometriefehler der Montageflächen im Maschinenbett

Mittelwellige Abweichung:
- Deformation der Führungsschiene durch Schraubenkräfte
- Positionstoleranzen der Führungsschienenbohrungen

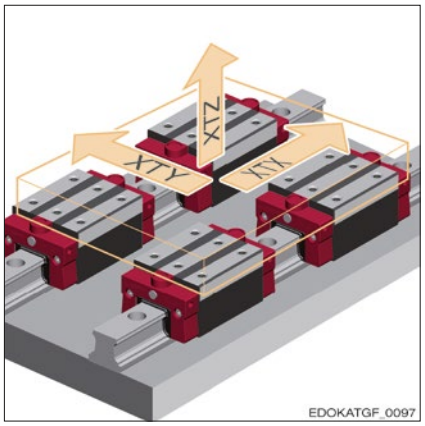
Kurzwellige Abweichung:
- Hubpulsation der Führungswagen
- Stoßübergang bei mehrteiligen Führungsschienen

Geometriefehler der Anschlusskonstruktion
Für eine hohe Genauigkeit der Führung ist es unerlässlich, dass auch die Montageflächen in der Anschlusskonstruktion eine hohe Präzision aufweisen. Die von SCHNEEBERGER empfohlenen maximalen Höhen-, Seiten- und Parallelitätsabweichungen der Führungsschienenauflagen finden Sie im Kapitel 4.12 - Gestaltung der Anschlusskonstruktion.
Zusätzliche Geometriefehler resultieren aus der Genauigkeit und der Steifigkeit des Maschinenbetts, bzw. der allgemeinen Umgebungskonstruktion. Hier bitte unbedingt die empfohlenen Einbautoleranzen einhalten, sowie die Gestaltung der Anbindung hinsichtlich der Steifigkeit überprüfen.

Schraubenkräfte
Die Schraubenkräfte bei der Montage der Führungsschiene können zu lokalen Stauchungen führen, deren Ausprägung von den Anzugsmomenten und von der geometrischen Gestalt der Führungsschiene abhängen. Die Stauchungen in der Führungsschiene führen zu einer sehr geringen vertikalen Welligkeit beim Ablauf der Führungswagen und zwar im Abstand der Befestigungsbohrungen. Wie stark sich die Stauchungen auf die Ablaufgenauigkeit auswirken, hängt sowohl von deren Größe als auch von der Führungswagenlänge und dem Abstand der Befestigungsbohrungen ab. Lange Führungswagen und kleine Bohrungsabstände sind günstiger als kurze Führungswagen mit großen Bohrungsabständen.
Wesentlich ist das Schraubenanzugsmoment, die Schmierung der Schraubenköpfe, um die Kopfreibung zu reduzieren, und die Beachtung eines gleichmäßigen Anzugsmoments. Das Anzugsmoment darf dabei nur so hoch wie notwendig angesetzt werden.

Ablaufgenauigkeit bei Verwendung mehrerer Führungswagen und Führungsschienen

In der praktischen Anwendung werden die Führungswagen und die Führungsschienen durch Ständer oder Maschinenbetten miteinander verbunden. Die weiteren Beschreibungen gehen davon aus, dass diese Teile unendlich steif sind. Wir betrachten wieder die Gesamtbewegung des Systems, diesmal bezogen auf die Mitte der Verbindungsplatte (Ständer):



Translationsbewegung von 4 verbundenen Führungswagen

Die Bewegungen der Einzelführungswagen in Rotation XRX, XRY und XRZ werden im Gesamtsystem nicht mehr sichtbar. Die Translationen XTY und XTZ werden bei üblichen Abständen ca. auf 1/5 der Ausgangsgröße reduziert.
Die Rotationen und Translationen der Einzelführungswagen werden in Form von Zusatzkräften auf die Führungswagenlaufbahnen wirksam.

Hubpulsation

Unter Hubpulsation versteht man Bewegungen des Führungswagens in XTY- und XTZ-Richtung, die durch das periodische Ein- und Auslaufen der Wälzkörper in die Tragzone entstehen. Hierbei variiert die Anzahl und der Ort der tragenden Wälzkörper pro Laufbahn, was zu pulsierenden Kraftschwankungen im Führungswagenkörper führt.
Die Hubpulsation kann durch die Führungswagenlänge L und die Vorspannung V des Führungswagens beeinflusst werden.
Dabei gilt: Ein langer Führungswagen und eine geringe Vorspannung V reduzieren die Hubpulsation.

Bei SCHNEEBERGER wird den Wälzkörperumläufen und den Einlaufbereichen im Stahlkörper besondere Beachtung geschenkt. Diese Bereiche sind geometrisch so gestaltet, dass ein sehr ruhiger Lauf mit minimaler Hubpulsation und Verschiebekraftvariation sowie geringer Geräuschentwicklung erzielt wird.

1.6.5 Maßnahmen zur Verbesserung der Genauigkeit

Nachfolgende Auflistung gibt einen Überblick über Maßnahmen, mit deren Unterstützung eine hohe Ablaufgenauigkeit erzielt werden kann.

- Möglichst steifes Maschinenbett mit präzise gefertigten Führungsschienenauflageflächen
- Montage der Führung mit einseitigem seitlichem Anschlag
- Wahl einer hohen Genauigkeitsklasse der Führung
- Auswahl von Führungsschienen mit ähnlichem Ablaufverhalten (siehe hierzu gepaarte Systeme in Kapitel 4.6 - Genauigkeit)
- Wahl kleiner Bohrungsabstände in den Führungsschienen
- Reduzierung der Schraubenanzugsmomente (dabei auf ausreichende Tragfähigkeit achten)
- Einsatz von langen Führungswagen
- Achsenkonfiguration mit zwei Führungsschienen und jeweils mindestens zwei Führungswagen
- Große Führungsabstände (Spurweite) und Führungswagenabstände

1.7.1 Begriffsdefinitionen

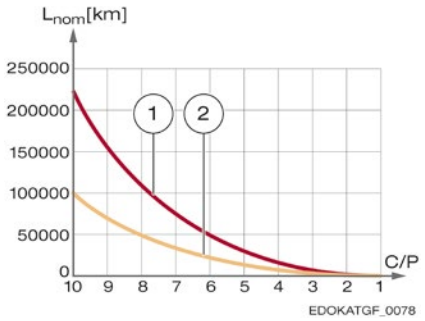
Die Lebensdauer einer Profilschienenführung wird durch die Strecke gekennzeichnet, die unter einer definierten Belastung zurückgelegt werden kann, bevor erste Anzeichen von Materialermüdung an den Laufbahnen oder Wälzkörpern einer Linearführung auftreten. Grundlage für die Berechnung ist die dynamische Tragzahl C, die äquivalente Kraft P und ein Exponent, der von der Wälzkörperform abhängt.

$$L_{nom} = (C / P)^q \cdot 100km$$

EDOKATGF_0077

L_{nom} nominelle Lebensdauer
C dynamische Tragzahl
P äquivalente Kraft
q Exponent für die Lebensdauerberechnung
- 10/3 bei Rolle
3 bei Kugel

Das Schaubild zeigt die nominelle Lebensdauer Lnom im Vergleich zum Verhältnis C/P von Rollenführung zur Kugelführung ohne Vorspannungseinfluss und verdeutlicht die höhere Lebensdauer einer Rollenführung gegenüber einer Kugelführung.



1 Rollenführung
2 Kugelführung

L_{nom} nominelle Lebensdauer
C dynamische Tragzahl
P äquivalente Kraft

Lebensdauer Rollen-/Kugelführung ohne Vorspannungseinfluss
Verhältnis C/P ist gegen die nominelle Lebensdauer L_{nom} (km) aufgetragen.

Nominelle Lebensdauer L_{nom}
Unter der nominellen Lebensdauer L_{nom} versteht man die rechnerische Fahrstrecke, die von einer ausreichend großen Gruppe gleicher Linearführungen unter gleichen Betriebsbedingungen mit einer Erlebniswahrscheinlichkeit von 90% erreicht oder überschritten wird, ohne dass Werkstoffermüdungen eintreten.
Alle Auslegungen von SCHNEEBERGER werden, wenn keine anderen Anforderungen vorliegen, als L_{nom} Lebensdauer ausgewiesen.

Gebrauchsdauer
Die Gebrauchsdauer ist die tatsächlich erreichte Lebensdauer, die von der theoretischen nominellen Lebensdauer stark abweichen kann. Ursachen hierfür können u. A. äußere Einflüsse, von den Annahmen abweichende Einsatzbedingungen oder fehlerhafte Montage sein.
Siehe Kapitel 6.5 - Einsatzbedingungen.

1.7.2 Geltende Normen

Die Berechnung der Lebensdauer sowie der statischen und dynamischen Tragzahlen von Linearführungen wird in der Norm DIN ISO 14728 beschrieben. Das Berechnungsverfahren ist abgeleitet von rotatorischen Wälzlagern nach DIN ISO 281.

1.8.1 Funktion von Dichtungen

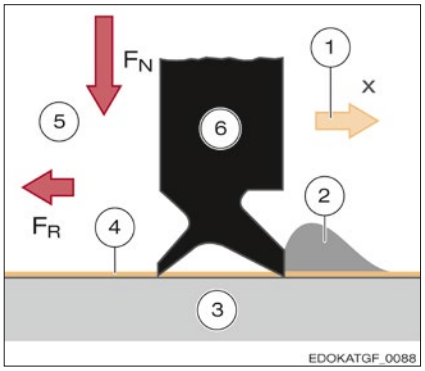
Dichtungen an SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen schützen die Führungswagen und die Wälzkörper gegen das Eindringen von Fremdstoffen in Form von Festkörpern oder Flüssigkeiten und verhindern den Austrag des Schmierstoffs.
Mangelschmierung und die Kontamination mit Schmutz, Spänen und Kühlschmierstoffen sind mit Abstand die häufigsten Ursachen für vorzeitigen Verschleiß und Ausfall von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen. Um die Funktionsfähigkeit der Führung über die berechnete Lebensdauer zu erhalten, sind neben ausreichender Schmierung weitere Maßnahmen erforderlich. Dazu zählen eine allseitige Abdichtung der Führungswagen, die bei Bedarf durch zusätzliche Schutzvorrichtungen wie Teleskopabdeckungen und Faltenbälge unterstützt wird. Durch diese soll die Führung weitgehend vor direktem Kontakt mit Fremdstoffen geschützt werden, so dass nur noch geringe Stoffmengen auf die Laufbahnen gelangen können.
Für eine optimale Funktion der Führungsdichtungen sind mehrere Faktoren ausschlaggebend:

- Funktionsgerechte Gestaltung und Montage der Abstreifer
- Schmierstoffversorgung der Dichtlippen, um Stick-Slip-Effekte, ein Umklappen der Dichtlippen und Verschleiß zu verhindern
- Eine möglichst glatte Abstreifoberfläche ohne Störkanten, z. B. durch geschliffene Oberflächen und Verwendung von Führungsschienen mit Befestigung von unten oder durch MAC Abdeckband

1.8.2 Arten von Dichtungen

Querabstreifer

Querabsteifer dichten die Führungswagen stirnseitig in Bewegungsrichtung ab. Die Abstreifer sitzen an den beiden Führungswagenenden und sind doppelippig augeführt. Eine stabile Dichtlippe ist zur Aussenseite des Führungswagens gerichtet und dient dazu, Späne und angetrockneten Schmutz abzustreifen.
Eine dünne, reibungsoptimierte Dichtlippe ist nach innen gerichtet. Sie dient dazu den Schmiermittelaustrag gering zu halten.
Querabstreifer sind immer als berührende Dichtung ausgeführt. Das bedeutet, dass für eine sichere Funktion eine Normalkraft F_N, welche auf die Dichtlippen wirkt, notwendig ist. Daraus resultiert eine Reibungskraft F_R die durch die Optimierung der Geometrie und des Werkstoffes der Dichtlippe reduziert wird. Wesentlich ist, dass die Dichtlippe immer mit einer Mindestkraft F_N belastet, an der Oberfläche der Führungsschiene, anliegt.



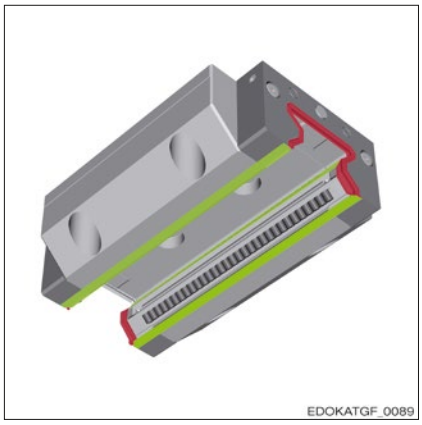
1 Bewegungsrichtung
2 Schmutz
3 Führungsschiene
4 Schmierstoff
5 Führungswageninnenseite
6 Querabstreifer

F_N Normalkraft
F_R Reibungskraft

Funktion eines Querabstreifers (im Querschnitt) in der Bewegungsrichtung (gelber Pfeil).

Längsabstreifer

Längsabstreifer sind Dichtungen, die in Bewegungsrichtung angeordnet sind und die Wälzkörperumläufe über die gesamte Länge von der Seite her abdichten. Die Abdichtung erfolgt hierbei nicht aktiv in der Bewegung, da Schmierstoff auf der Innenseite und Fremdkörper auf der Außenseite nur seitlich Kontakt mit dem Abstreifer haben. Die Wirkungsweise ist mit der eines Radialwellendichtrings vergleichbar. Idealerweise werden, wie bei den MONORAIL-Führungen von SCHNEEBERGER, vier Längsabstreifer beidseitig an den oberen und unteren Laufbahnen eingesetzt. Die Längs- und Querabstreifer sind im Führungswagen integriert:



Längsabstreifer (grün) und Querabstreifer (rot) an einem Führungswagen.

Leichtlaufquerabstreifer

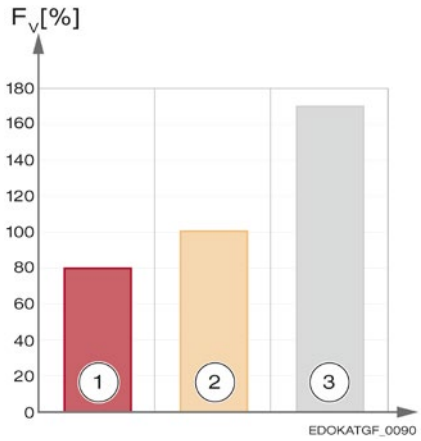
Der Leichtlaufquerabstreifer dient zur Reduzierung der Verschiebekraft bei Anwendungen mit geringem Schmutzanfall. Die Dichtlippe wird dabei nicht doppelllippig ausgeführt und die Vorspannung der Dichtlippe reduziert.

Zusatzquerabstreifer

Bei besonderen Einsatzbedingungen wie starkem Schmutzanfall, Späne- oder Kühlmittelbeaufschlagung können zusätzliche Dichtelemente zum Einsatz kommen, die stirnseitig an den Führungswagen montiert werden und zusätzlichen mechanischen Schutz bieten.
Es handelt sich hierbei um einlippige Zusatzdichtungen aus NBR oder Fluorkautschuk mit hoher Festigkeit oder auch um nicht berührende Vorsatzbleche, die größere Partikel von den Dichtlippen der Abstreifer fernhalten sollen.

1.8.3 Reibung unterschiedlicher Dichtungen

Es besteht bei berührenden Dichtungen ein direkter Zusammenhang zwischen Reibungskraft FR und Dichtwirkung. Eine gute Dichtwirkung erfordert eine hohe Flächenpressung an der Dichtlippe mit steilem Pressungsanstieg. Diese kann nur erreicht werden durch einen großen Vorspannweg, der mit entsprechend hoher Anpresskraft und Reibung in Abstreifrichtung verbunden ist.



1 Leichtlaufabstreifer (QL)
2 Standardabstreifer (QN)
3 Standardabstreifer und Zusatzabstreifer (ZBN/ZBV)

Verschiebekraft am Beispiel einer Kugelführung BM 35. Die Verschiebekraft FV (%) der Abstreifervarianten ist relativ zu einem Standardabstreifer (100%) dargestellt.

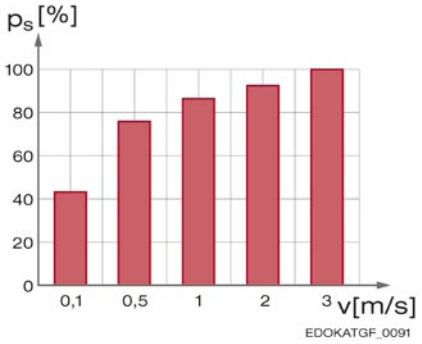
1.9.1 Definition

Wälzgelagerte Führungen erzeugen Luft- und Körperschall. Dabei ist der direkt vom Lager angeregte Luftschall eher untergeordnet. Der hauptsächliche Anteil ist die Körperschallerregung, die wesentlich von der Art der Anbindung und der Beschaffenheit der Umgebungskonstruktion abhängt.

1.9.2 Ursachen

Wesentliche Quellen der Geräuschentwicklung sind elastische Verformungen in den Kontaktstellen zwischen Wälzkörper und Führung, Oberflächenbeschaffenheiten, Reibungseffekte und Geräusche durch Schmierstoffe sowie die Anbindung und die Beschaffenheit der Umgebungskonstruktion.

Elastische Verformungen
An den Kontaktstellen zwischen Wälzkörpern und Führungsteilen kommt es aufgrund der auftretenden stoßförmigen Belastungen zu Verformungen. Besonders das Ein- und Auslaufen der Wälzkörper in die Tragzone des Führungswagens führt zu periodischen Schwingungen, die ein Laufgeräusch verursachen, dessen Stärke und Frequenz mit der Geschwindigkeit zunimmt.



Geräuschentwicklung einer Kugelführung BM 25 in Abhängigkeit der Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit v (m/s) ist gegen den Schall-druck p_s (%) aufgezeichnet. Die Schmierung erfolgt durch Öl.

Oberflächeneffekte
Die Geometrie der Wälzkontakte hat einen wesentlichen Einfluss auf das Laufgeräusch. Sowohl unterschiedliche Durchmesser der Wälzkörper als auch Welligkeiten oder Rauheiten in den Oberflächen können Schwingungen verursachen, wobei die Oberflächenqualität der Wälzkörper hier den größten Einfluss hat. Daher wird bei SCHNEEBERGER-Linearführungen großen Wert auf eine hohe Oberflächengüte speziell der Wälzkörper gelegt.

Reibung
Auch die Reibungskontaktflächen zwischen den Wälzkörpern selbst, zwischen den Wälzkörpern und umgebenden Führungsteilen sowie zwischen den Gleitdichtungen von Führungswagen und Führungsschiene tragen zur Geräuschentstehung bei.
Bei der Rückführung der Wälzelemente entstehen bei hohen Geschwindigkeiten Geräusche. Durch Distanzelemente wird verhindert, dass die Wälzkörper aneinander reiben oder aufeinander stoßen können. Siehe hierzu Abschnitt 1.9.3 Distanzelemente.

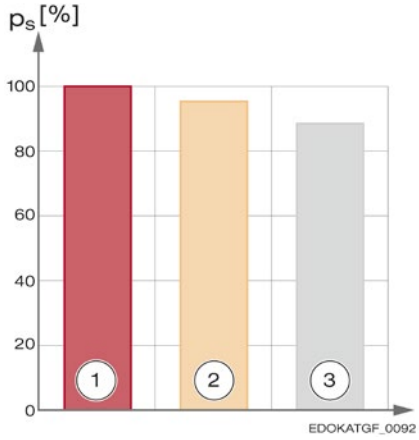
Schmierstoff
Der Schmierfilm im Führungswagen hat einen dämpfenden Einfluss auf das Laufgeräusch, da er direkten mechanischen Kontakt der Gleit- und Wälzpartner verhindern kann.

Verunreinigungen im Schmierstoff können jedoch zu einer Verstärkung des Laufgeräuschs beitragen, da durch die ständige Überrollung vor allem harter und größerer Partikel die Oberflächen der im Wälzkontakt stehenden Führungsteile aufgeraut werden. Die Grundölviskosität des Schmierstoffs und der Verdickertyp bei Schmierfett haben ebenfalls Einfluss auf das Laufgeräusch.

1.9.3 Maßnahmen zur Geräuschreduzierung

Schmierstoff

Je dicker der Schmierfilm desto geringer ist der metallische Kontakt und somit das Geräusch. Der Einsatz spezieller Fette ist daher ein gutes Hilfsmittel zur Verminderung der Geräuschemission. Das Verhalten wird dabei sowohl von der Grundölviskosität als auch vom Verdickertyp und dem Verdickeranteil bestimmt. Je höher die Grundölviskosität und je höher der Verdickeranteil (z. B. NLGI-Klasse 2), desto mehr Verringerung ist zu erwarten. Zur Schmierung geräuscharmer Linearführungen haben sich z. B. Fette auf Mineralölbasis mit Kalzium- und Bariumseifenverdickern bewährt.
Das nachfolgende Diagramm zeigt das Geräuschniveau einer SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung bei unterschiedlichen Schmierzuständen am Beispiel einer Kugelführung BM 35.



Schmierzustand:
1 trocken
2 geölt
3 gefettet

Geräuschentwicklung einer Kugelführung BM 35 in Abhängigkeit von der Schmierung. Der Schmierzustand ist gegen den Schalldruck p_s (%) aufgeführt.

Oberflächen

Zur Reduzierung der Laufgeräusche durch metallischen Kontakt der Wälzkper mit den umgebenden Führungselementen werden bei Linearführungen die Umlenkungsteile und Rückführkanäle der Wälzkörper in der Regel aus gleitfähigen Kunststoffen gefertigt, die neben dem Geräusch auch den Verfahrwiderstand der Führungswagen reduzieren.
SCHNEEBERGER fertigt aus diesem Grund nicht nur Rollenführungswagen sondern auch Kugelführungswagen mit einem Rückführungsrohr aus Kunststoff, die durch ihre spezielle Geometrie zur Geräuschminderung beitragen. Zudem bilden diese Rohre ein zusätzliches Schmierreservoir.

Distanzelemente

Neben der wirkungsvollen Maßnahme durch Schmierstoffe die Geräusche zu reduzieren bietet SCHNEEBERGER für Kugelführungen BM die Option an Distanzstücke zwischen die Wälzkörper einzubringen.
Durch diese wird verhindert, dass die Wälzkörper aneinander reiben oder aufeinander stoßen können.
Distanzelemente haben dabei gegenüber Ketten den Vorteil, dass sie nur auf Druck beansprucht werden und dass aufgrund der fehlenden Verbindungsstege keine Biege- oder Zugspannungen auftreten können, was sich positiv auf die Lebensdauer und den Verschleiß auswirkt.

1.10.1 Aufgabe der Schmierung

Zur Aufrechterhaltung der Funktion von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen ist eine ausreichende Schmierung und Nachschmierung mit einem den Einsatz- und Umgebungsbedingungen angepassten Schmierstoff erforderlich.
Die Schmierung hat folgende Aufgaben:

- Die metallischen Wälzpartner durch Ausbildung eines tragfähigen Schmierstofffilmes trennen
- Verschleiß vermindern
- Die Reibung zwischen Wälzkörpern und Laufbahn sowie zwischen den Wälzkörpern untereinander herabsetzen
- Die Gleitreibung der Dichtungen reduzieren
- Vor Korrosion schützen
- Laufgeräusche mindern

Daneben kann die Schmierung noch weitere Funktionen erfüllen wie:

- Wärme abführen oder Verschmutzungen ausspülen (bei Ölschmierung)
- Zusammen mit dem Dichtungssystem das Eindringen von flüssigen oder festen Fremdkörpern verhindern (bei Fettschmierung)

Die Schmierung hat somit wesentlichen Einfluss auf die Funktion und Lebensdauer der Linearführung.
Voraussetzung für eine optimale Wirkung des Schmiersystems ist jedoch die Wahl eines Schmierstoffes, der den Einsatz- und Umgebungsbedingungen gerecht wird sowie ein gut funktionierendes Dichtsystem. Die Aufgabe der Dichtungen ist hierbei, den Schmierstoff im Führungswagen zu halten und das Eindringen von flüssigen oder festen Fremdstoffen in den Führungswagen zu verhindern. Die Dichtungen sollen somit verhindern, dass der Schmierstoff kontaminiert oder ausgespült werden kann.



Vorsicht

Personenschaden und Bauteilschaden durch Bruch

- → Schmierstoffmangel oder die Wahl eines ungeeigneten Schmierstoffes sind neben Verschmutzung und Überlast die häufigsten Ausfallursachen von Linearführungen.
- → Achten Sie auf angepasste Betriebsbedingungen und regelmäßiges schmieren.

1.10.2 Schmierstoffarten

Als Schmierstoff für SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen kann sowohl Fett als auch Fließfett oder Öl eingesetzt werden.
Schmierstoffe mit Festschmierstoffzusätzen wie z. B. Graphit, MoS2 oder PTFE sind für den Einsatz in SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen nicht geeignet, da sie schädliche Ablagerungen auf den Wälzkörperlaufbahnen bilden können.
Der Schmierstoff kann entweder manuell, z. B. über eine Fettpresse, oder automatisch über eine Zentralschmieranlage oder zusätzliche Schmierstoffspender an den Führungswagen, siehe Kapitel 4.13.9 - Schmierplatte SPL, eingebracht werden. Die Verwendung einer Zentralschmieranlage gewährleistet in der Regel eine gleichmäßige und sichere Schmierstoffversorgung. In speziellen Fällen kommt auch eine Öl-Luftschmierung zum Einsatz, dies ist eine Art der Minimalmengenschmierung. Siehe Kapitel 4.13.8 - Applikationswissen Schmierung - Anforderungen an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen.
Entscheidend für die Wahl der Schmierstoffart und der Einbringung sind:

- Die Art der Anwendung
- Die Einsatzbedingungen
- Die Gestaltung der Maschine und der Umgebungskonstruktion
- Die Zugänglichkeit der Führungen

1.10.3 Eigenschaften der Schmierstoffe

Schmieröle
Als Schmieröle kommen entweder Mineralöle oder künstlich hergestellte Syntheseöle mit Zusätzen gegen Alterung, Korrosion, Schaumbildung und zur Erhöhung der Druckfestigkeit zum Einsatz. Schmieröle werden gemäß ihrer Viskosität in verschiedene Klassen nach DIN 51519 eingeteilt.

Schmieröle
- Dringen leichter in den Führungswagen ein und verteilen sich besser als Fett
- Führen Wärme gut ab
- Treten leichter aus der Führung aus als Fett
- Unterliegen der Schwerkraft und erfordern dadurch je nach Einbaulage höheren konstruktiven Aufwand als bei Fettschmierung
- Bieten einen Spüleffekt.

Schmierfette
Schmierfette bestehen aus einem Grundöl (meist Mineralöl), einem Verdicker (Metallseifen, Einfachseifen, Komplexseifen (Calcium, Lithium, Natrium, andere)) und verschiedenen Zusätzen (z. B. gegen Oxidation, Korrosion und zur Erhöhung der Druckfestigkeit). Schmierfette werden nach ihrer Konsistenz bzw. Festigkeit in verschiedene sogenannte NLGI-Klassen (National Lubricating Grease Institute) nach DIN 51818 eingeteilt. Siehe hierzu auch die folgnden Abschnitte.

Schmierfette
- Vermindern Laufgeräusche
- Unterstützen durch ihre feste Konsistenz die Wirkung der Abstreifer
- Wirken Schmutzeintrag in die Führung entgegen
- Verbleiben definiert an der Schmierstelle
- Besitzen durch den Verdickeranteil eine Depotwirkung
- Wirken dauerhaft und erlauben lange Nachschmierintervalle
- Die Verdicker in den Schmierfetten bringen gewisse Notlaufeigenschaften mit

Fließfette
Fließfette sind dünnflüssige Fette und dadurch
- Geeignet für den Einsatz in Zentralschmieranlagen
- Besitzen eine weiche, fließfähige Konsistenz

Mischbarkeit
Schmieröle auf Mineralölbasis sind mischbar, wenn sie die gleiche Klassifikation besitzen und sich die Viskosität nicht um mehr als eine ISO-VG–Klasse unterscheidet. Bei Syntheseölen den Schmierstoffhersteller befragen.

Schmierstoffwechsel
Ein nachträglicher Wechsel von Ölschmierung auf Fettschmierung kann, die Verträglichkeit der unterschiedlichen Schmierstoffe vorausgesetzt, gefahrlos erfolgen.
Ein Wechsel von Fettschmierung auf Ölschmierung ist nicht möglich, da sich nach der Erstschmierung bereits Fett in den engen Schmierkanälen der Führungswagen befindet und dieses den Ölfluss behindert, so dass eine ausreichende Schmierstoffversorgung mit Öl nicht gewährleistet werden kann.

1.10.4 Empfohlene Schmierstoffe

Von SCHNEEBERGER empfohlene Schmierstoffe:

Schmierung mit Öl

- Mineralöl CLP nach DIN 51517 oder HLP nach DIN 51524 im Viskositätsbereich ISO VG 32 bis ISO VG 100 nach DIN 51519
- Bettbahnöle CGLP nach DIN 51517 bis Viskositätsklasse ISO VG 220

Schmierung mit Fett

- Schmierfett KP2K nach DIN 51825

Schmierung mit Fließfett

- Fließfett GP00N oder GP000N nach DIN 51826

1.10.5 Kenngrößen und Additive von Schmierstoffen

Viskosität

Unter Viskosität versteht man das Maß für die Zähflüssigkeit aufgrund der inneren Reibung einer Flüssigkeit.
Schmieröle werden gemäß ihrer Viskosität in verschiedene Klassen nach DIN 51519 eingeteilt. Eine niedere Viskosität bedeutet dünnflüssig, eine hohe Viskosität, dass der Schmierstoff zähflüssig ist. Wasser besitzt z. B. die ISO-VG-Klasse 1.

ISO Viskositätsklassen nach DIN 51519:

Viskositätsklasse ISO	Mittelpunktsviskosität bei 40°C (mm^2/s)	min. Grenzen der kinematischen Viskosität bei 40 °C (mm^2/s)	max. Grenzen der kinematischen Viskosität bei 40 °C (mm^2/s)
ISO VG 32	32	28,8	35,2
ISO VG 46	46	41,4	50,6
ISO VG 68	68	61,2	74,8
ISO VG 100	100	90	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242

Konsistenz

Der Widerstand eines Fettes gegen Verformung wird als Konsistenz bezeichnet. Diese Kenngröße wird zur Klassifizierung von Schmierfetten verwendet. In der DIN 51818 werden hierzu die Schmierfette in 9 verschiedene NLGI-Klassen eingeteilt. Als Bewertungsgröße für die Einteilung wird dabei die Walkpenetration herangezogen, die aussagt wie tief ein Normkegel unter Gewichtskraft in den Schmierstoff eindringt. Für SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen werden Fette der NLGI-Klassen 000 bis 3 eingesetzt.

NLGI-Klassen nach DIN 51818:

NLGI-Klasse	Fettart	Konsistenz	Walkpenetration (0,1 mm)	Anwendung
000	Fließfette	flüssig	445 - 475	Einsatz in Zentralschmieranlagen, Getriebeschmierung, SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen
00		schwerflüssig	400 - 430	
0		halbflüssig	355 - 385	
1	weiche Fette	sehr weich	310 - 340	
2		weich	265 - 295	SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen
3		geschmeidig	220 - 250	
4		fast fest	175 - 205	Dichtfette
5	harte Fette	fest	130 - 160	
6		sehr fest	85 - 115	

Additive

Industriell angewendeten Schmierstoffen werden in der Regel verschiedene Additive beigemischt. Dies sind Zusatzstoffe, die dem Schmierstoff bestimmte Eigenschaften verleihen oder diese verbessern.

Additive	Anwendungszweck
Antioxidantien	Verhinderung von Schmierstoffveränderungen
VI-Verbesserer	Verringerung der Abhängigkeit der Viskosität von der Temperatur
EP-Additive	Verbesserung der Druckbeständigeit (wird benötigt bei hohen Kräften; EP = extreme pressure)
Korrosionsinhibitoren	Verhinderung von Korrosion und Rost
Schauminhibitoren	Verhinderung von Schaumbildung (verbessert das Krafttragevermögen)

1.10.6 Kurzbezeichnung der Schmierstoffe nach DIN 51502

Aufbau der Kurzbezeichnung für Schmieröle

Beispiel Kurzbezeichnung Schmieröle:	C	L	P	PG	-68
Schmierölart					
Kennbuchstabe für Additive (Korrosion, Alterung)					
Kennbuchstabe für Additive (Verschleiß, Reibung, Belastbarkeit)					
Zusatzkennbuchstabe für Syntheseschmierstoffe					
Viskosität, ISO-VG-Klasse					

Schmieröle C, CL, CLP nach DIN 51517

Schmieröl CLP	Mineralöl (C) mit Zusätzen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit (L) sowie zum Herabsetzen des Verschleisses im Mischreibungsgebiet (P)
Schmieröl CGLP	Gleit- und Bettbahnöl (CG) mit besonders gutem Gleitverhalten und Haftvermögen (G) sowie mit Zusätzen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit (L) sowie zum Herabsetzen des Verschleisses im Mischreibungsgebiet (P)

Hydrauliköle HL, HLP, HVLP nach DIN 51524

Hydrauliköle HLP	Hydrauliköl (H) mit Zusätzen zum Erhöhen des Korrosionsschutzes und der Alterungsbeständigkeit (L) sowie zum Herabsetzen des Verschleisses im Mischreibungsgebiet (P)

Aufbau der Kurzbezeichnung für Schmierfette

Beispiel Kurzbezeichnung Schmierfette:	K	P	2	K	-30
Schmierfettart					
Zusatzbuchstabe für Grundöltyp und Additive					
Konsistenz, NLGI-Klasse					
Kennzahl für obere Einsatztemperatur und Verhalten gegenüber Wasser					
Untere Gebrauchstemperatur in °C					

Schmierfette K nach DIN 51825

Schmierfett KP 2 K	Schmierfett für Wälzlager, Gleitlager und Gleitflächen (K) mit Zusätzen zum Herabsetzen der Reibung und des Verschleisses im Mischreibungsgebiet und/oder zur Erhöhung der Belastbarkeit (P), Konsistenzklasse NLGI 2, obere Gebrauchstemperatur 120°C (K)

Schmierfette OG nach DIN 51825

Schmierfett OGP 2 K	Schmierfett für offene Getriebe (OG) mit Zusätzen zum Herabsetzen der Reibung und des Verschleisses im Mischreibungsgebiet und/oder zur Erhöhung der Belastbarkeit (P), Konsistenzklasse NLGI 2, obere Gebrauchstemperatur 120°C (K)

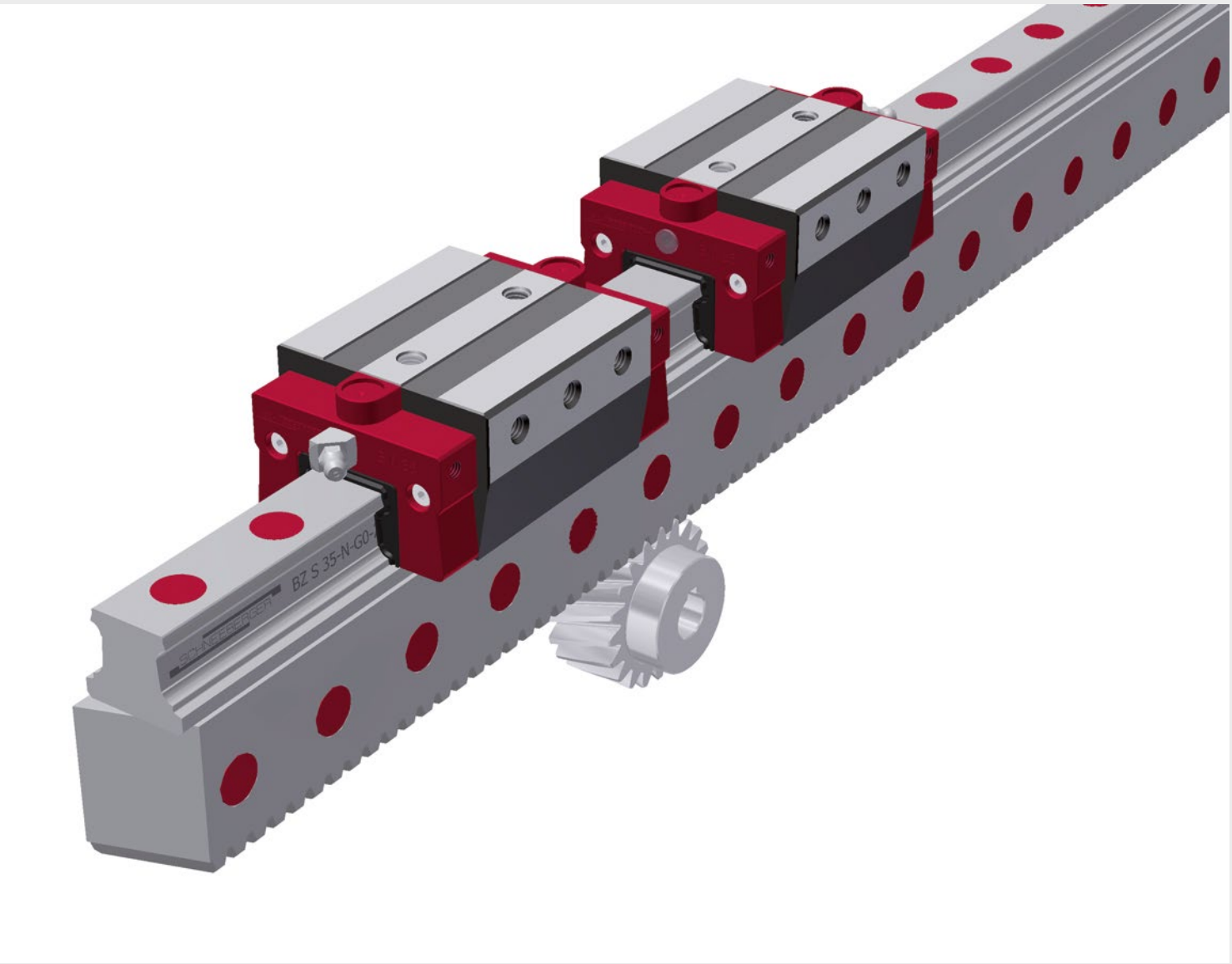
Schmierfette G nach DIN 51826

Schmierfett GP 00/000 N	Schmierfett für geschlossene Getriebe (G) mit Zusätzen zum Herabsetzen der Reibung und des Verschleisses im Mischreibungsgebiet und/oder zur Erhöhung der Belastbarkeit (P), Konsistenzklasse NLGI 00/000 (Fließfett), obere Gebrauchstemperatur 140°C (N)

1.10.7 Einflussparameter bei der Schmierstoffwahl

Die Auswahl eines geeigneten Schmierstoffes sollte zusammen mit einem Schmierstoffhersteller erfolgen. Für die Wahl des Schmierstoffes, der Schmiermengen und der Einbringungsart sind hauptsächlich folgende Faktoren ausschlaggebend:

- Art der Anwendung, z. B. Werkzeugmaschine, Handling, Reinraum
- Betriebsbedingungen, z. B. Geschwindigkeit, Hub, Kräften, Schwingungen
- Umgebungseinflüsse, z. B. Temperatur, Kühlschmierstoff, Verschmutzungen
- Linearführung, z. B. Kugel/Rolle, Baugröße, Einbaulage, Zugänglichkeit
- Schmierstoffzufuhr, z. B. manuell, Zentralschmierung, Schmierintervalle, Verträglichkeit mit anderen Schmierstoffen
- Sonstige, z. B. Gebrauchsdauer Schmierstoff, Zulassungen/Spezifikationen, Werkstoffe, Umweltaspekte, Wirtschaftlichkeit

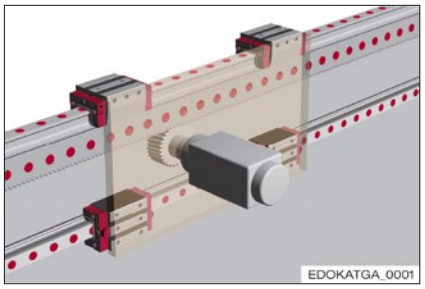


SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

2	**Technische Grundlagen: Antreiben**		**47**
2.1	**Integrierter Zahnstangenantrieb BZ**		**50**
	2.1.1	Aufbau	50
	2.1.2	Integration	51
	2.1.3	Vergleich mit anderen Antriebskonzepten	51
	2.1.4	Verzahnungsqualität	52
2.2	**Schmierung**		**53**
	2.2.1	Aufgabe der Schmierung	53
	2.2.2	Schmierstoffarten	53
	2.2.3	Eigenschaften der Schmierstoffe	53
	2.2.4	Empfohlene Schmierstoffe	53

2.1.1 Aufbau

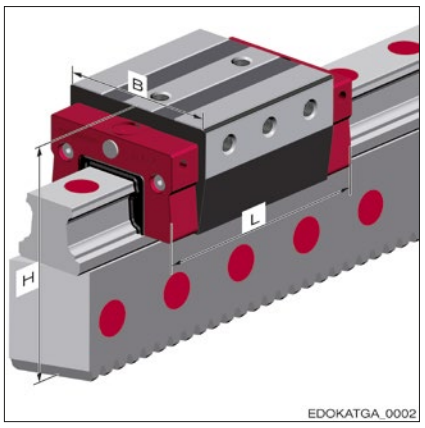
Linearführungen mit integriertem Zahnstangenantrieb BZ 25 und BZ 35 bestehen aus einer Profilschiene BM mit integrierter Zahnstange, auf der ein oder mehrere wälzgelagerte Führungswagen laufen, sowie einem oder mehreren Antriebsritzeln, die in die Zahnstange eingreifen. Als Führungswagen können alle BM Bauformen der entsprechenden Größen verwendet werden. Typische Anwendungen solcher Systeme sind im Bereich Handling, Automation, Wasserstrahl-/Laserschneidanlagen, Holzbearbeitung.
Zum Aufbau einer kompletten Achse wird in der Regel eine Standard-SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung BM als Parallelschiene eingesetzt. Der Antrieb des Ritzels erfolgt meist über Getriebemotoren, siehe Bild, der nicht Lieferumfang von SCHNEEBERGER ist.



Parallelschiene mit Ritzel

Die Verzahnung ist auf der Unterseite der Führungsschiene angebracht, sodass keine Ausrichtung der Verzahnung zur Führung notwendig ist.

Bei den SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen mit integriertem Zahnstangenantrieb vom Typ MONORAIL BZ kann zusätzlich ein Wegmesssystem AMS 4B integriert werden.



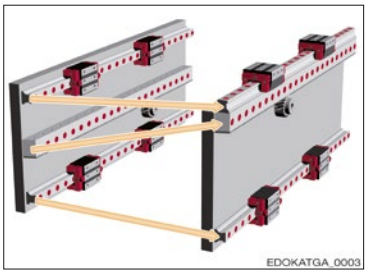
Führungswagen mit Führungsschiene und Zahnstange

Die BZ Schienen können gestoßen werden.

2.1.2 Integration

Die Integration des Zahnstangenantriebes in die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen bietet gegenüber einer separat montierten Zahnstange erhebliche Vorteile

- Reduzierter Aufwand für Konstruktion und Fertigung, da nur zwei anstelle von drei Montageflächen für Führung und Antrieb erforderlich sind



- Geringerer Platzbedarf durch kompaktere Bauweise
- Montage und Ausrichtung der Zahnstangensegmente in der Maschine entfällt
- Ausrichten der Zahnstange zur Führungsschiene entfällt
- Reduzierter Logistikaufwand
  - Keine Beschaffung und Lagerhaltung von Zahnstangen
  - Ein Lieferant für Führung und Antrieb

2.1.3 Vergleich mit anderen Antriebskonzepten

Vorteile des SCHNEEBERGER-Zahnstangenantriebs BZ gegenüber:

Kugelgewindetrieb

- Mehrere unabhängige Bewegungsaufgaben auf einem Führungssystem möglich
- Wesentlich steifer bei großen Längen und großen Kräften (Umkehrspiel)
- Positionierung nicht temperaturabhängig
- Partiell austauschbar
- Deutlich robuster
- Bauweise limitiert nicht Geschwindigkeitsfeld (ähnlich Steigung der Spindel)
- Vorspannung beliebig einstellbar und im Betrieb variierbar
- Keine Schwingungsneigung bei großen Längen
- Keine separate Lagerung erforderlich
- Unendlich lange Verfahrwege realisierbar

Zahnriementrieb

- Wesentlich höhere Kräfte übertragbar
- Exaktere Positionierung und höhere Steifigkeit bei Kraftwechseln
- Geringerer Verschleiß
- Temperaturbeständig
- Kein Ausbrechen der Zähne

Linearmotor

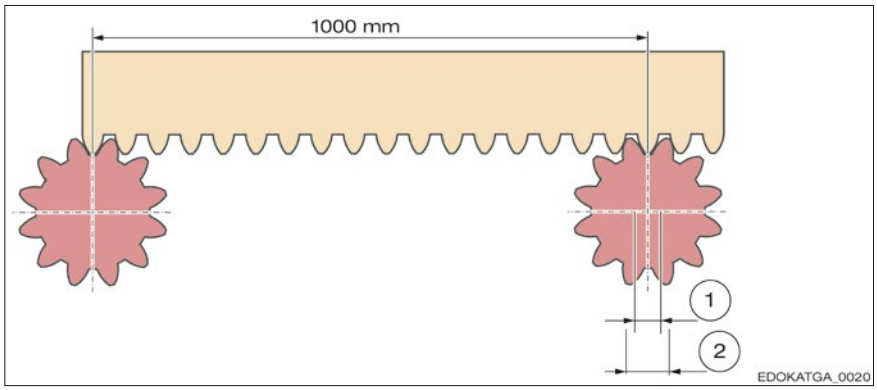
- Wesentlich geringere Investition
- Deutlich leichter
- Keine Kühlung erforderlich
- Wesentlich höhere übertragbare Kräfte
- Zieht metallischen Schmutz (z. B. Späne) nicht an
- Führung kann kleiner gewählt werden, da die magnetischen Anzugskräfte nicht zusätzlich berücksichtigt werden müssen
- Kein Bremsführungswagen für Stromausfall erforderlich
- Wesentlich geringere Energiekosten
- „Elastisch“ gegen Kraftwechsel

2.1.4 Verzahnungsqualität

Die Verzahnungsqualität von Stirnradverzahnungen ist definiert über DIN 3961/3962/3963/3967 und geprüft nach DIN 3999. Die Toleranzklasse, z. B. Qualitätsstufe 5 (Q5), bestimmt die Maßhaltigkeit der Verzahnung (Teilungsfehler, Form- und Lagetoleranzen des Teilkreises, Abweichung der Zahnflanke von der Soll-Kontur, ...) und damit bei Zahnstangenantrieben z. B. die erreichbare Positioniergenauigkeit und Laufgüte. Die Qualitätsstufe 5 ist (je nach Hersteller) die höchste Stufe, die sich noch mit wirtschaftlicher Schleiftechnik herstellen lässt.
Da die genannten Normen nur für Zahnräder gelten, werden für die Zahnstange alle Angaben so betrachtet, als wäre die Zahnstange ein Ritzel mit z = 100 Zähnen.
SCHNEEBERGER bietet für die MONORAIL BZ Systeme zwei Verzahnungsqualitäten an, um unterschiedliche Kundenbedürfnisse bzgl. Qualität und Wirtschaftlichkeit erfüllen zu können:

- Qualität Q5 (auf Anfrage), mit gehärteter und geschliffener Verzahnung
- Qualität Q6, mit weicher und gefräster Verzahnung

Die Verzahnungen der als Zubehör lieferbaren Ritzel (siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS) besitzen die Qualität Q6 und sind grundsätzlich gehärtet und geschliffen, da die Verzahnung der Ritzel wesentlich mehr Eingriffe je Verfahrweg erfährt als die Zahnstange.



Beispiel für 1000 mm Verfahrweg für Toleranz Q5 und Q6.
Summenteilungsfehler für Q5 ≤ 40 µm (auf Anfrage)
Summenteilungsfehler für Q6 ≤ 50 µm

2.2.1 Aufgabe der Schmierung

Zur Aufrechterhaltung der Funktion des Zahnstangenantriebes ist eine ausreichende Schmierung mit einem den Einsatzbedingungen angepassten Schmierstoff erforderlich. Dazu gehört auch regelmäßiges Nachschmieren.
Die Schmierung hat folgende Aufgaben:

- Metallische Wälzpartner durch Ausbildung eines tragfähigen Schmierstofffilmes trennen
- Verschleiß vermindern
- Reibung zwischen den Wälzflächen an Zahnrad und Zahnstange herabsetzen
- Vor Korrosion schützen
- Laufgeräusche mindern

Die Schmierung hat somit wesentlichen Einfluss auf die Funktion und Lebensdauer der Verzahnung.

2.2.2 Schmierstoffarten

Als Schmierstoff für den Zahnstangenantrieb kann sowohl Fett, oder Fließfett, als auch Öl eingesetzt werden. Es können Schmierstoffe auf Mineralölbasis oder synthetische Schmierstoffe verwendet werden, die zum Teil auch Festschmierstoffanteile wie Graphit oder MoS2 enthalten.

2.2.3 Eigenschaften der Schmierstoffe

Bei den Schmierstoffen für offene Getriebe und Verzahnungen ist darauf zu achten, dass sie eine hohe Viskosität und Haftfähigkeit besitzen, damit sie von den rotierenden Zahnrädern nicht abgeschleudert werden können.
Weitere Eigenschaften, die der Schmierstoff erfüllen muss, sind:

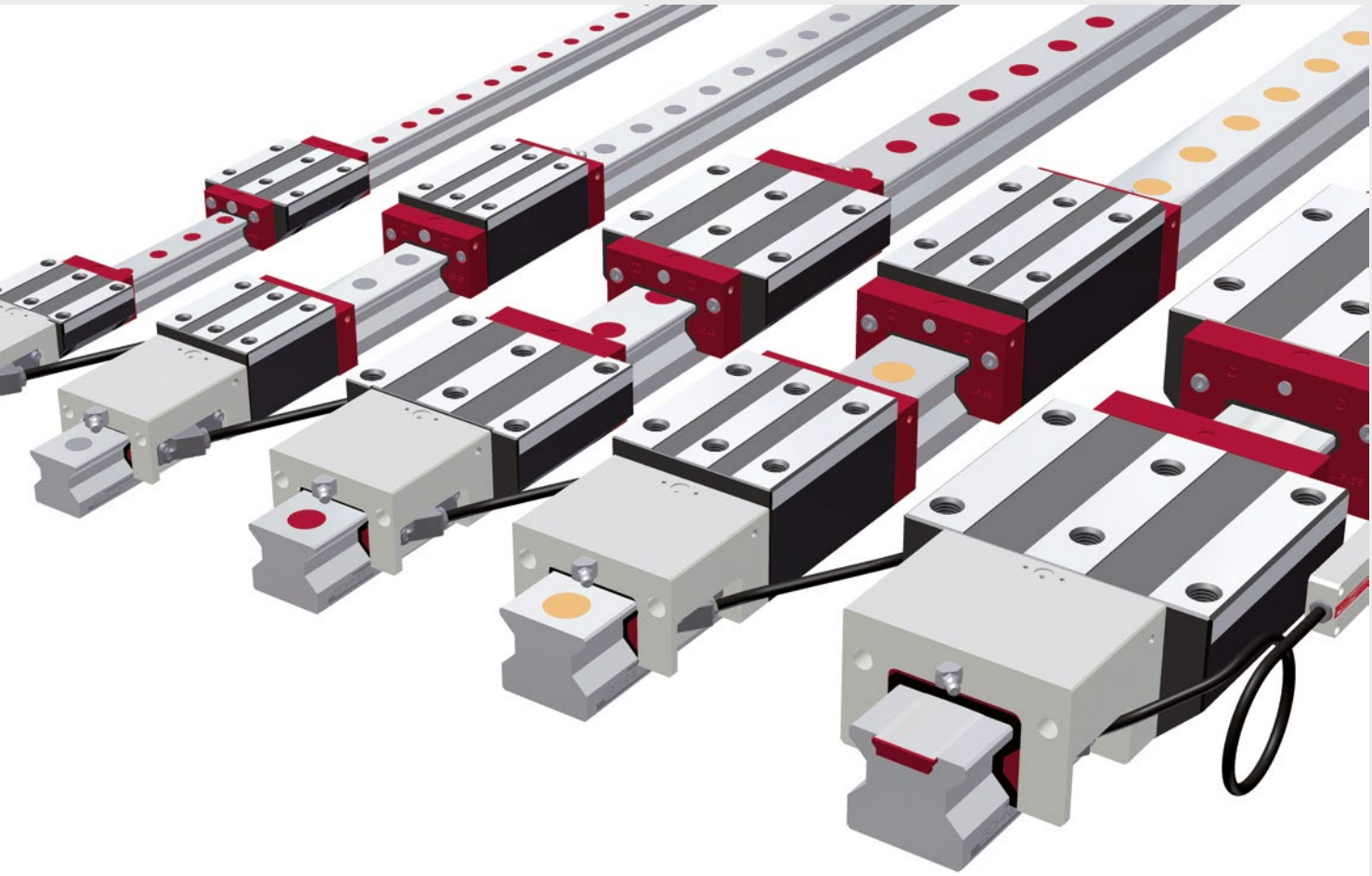
- Hohe Scherstabilität
- Guter Verschleißschutz
- Guter Korrosionsschutz
- Oxidationsstabilität
- Hohe Druckstabilität

2.2.4 Empfohlene Schmierstoffe

Von SCHNEEBERGER empfohlene Schmierstoffe:

Schmierung mit Öl
Mineralöl CLP nach DIN 51517 in der Viskositätsklasse ISO VG 460 nach DIN 51519

Schmierung mit Fett
Schmierfett OGP2K nach DIN 51825
Kenngrößen von Schmierstoffen siehe Kapitel 1.10 - Schmierung.



SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

3	**Technische Grundlagen: Messen**		**55**
3.1	**Wegmesssysteme**		**58**
	3.1.1	Einteilung der Messsysteme	58
	3.1.2	Übersicht verschiedener Wegmessprinzipien	60
	3.1.3	Magnetoresistive Messtechnik von SCHNEEBERGER	60
	3.1.4	Längenmesssystem	64
3.2	**Schnittstellen**		**73**
	3.2.1	Inkrementelle Schnittstellen	73
	3.2.2	Absolute Schnittstellen	76

3.1.1 Einteilung der Messsysteme

Nach Art des physikalischen Wirkprinzips

Für die lineare Wegmessung in industriellen Anwendungen werden verschiedene Arten von hochgenauen Wegmesssystemen eingesetzt. Diese kann man nach dem physikalischen Messprinzip in verschiedene Gruppen einteilen. Das Grundprinzip einer periodischen Teilung die mit einem Sensor abgetastet wird, wird durchgängig verwendet.

- Magnetoresistive Systeme registrieren periodische Magnetisierungsänderungen des Maßstabs mittels MR-Sensoren (MR = magnetoresistiv) oder Hallsensoren. Magnetische Systeme sind im Gegensatz zu optischen Systemen unempfindlich gegen Verschmutzung, typische Teilungsperioden liegen zwischen 0,4 und 10 mm.
- Optische Systeme sind weit verbreitet. Bei diesen wird eine Teilung mit geeigneten Sensoren abgetastet, die eine periodische Veränderung der Helligkeit oder der Phase des reflektierten oder transmittierten Lichts registrieren. Durch Ätzen oder Aufdampfen können sehr feine Teilungen mit Perioden kleiner 10 µm realisiert werden, weshalb optische Systeme im Allgemeinen die höchsten Auflösungen liefern.
- Induktive Systeme arbeiten mit einem mechanisch strukturierten, metallischen Maßstab, der sehr robust ausgeführt werden kann. Die Streifen dieses Maßstabs wirken ähnlich wie das Joch eines Transformators. Durch die Verschiebung wird Amplitude und Phase einer elektrischen Schwingung moduliert. Teilungsperioden unter 1 mm sind mit diesen Systemen schwierig zu realisieren.
- Magnetostriktion und andere Verfahren haben nur eine geringe Verbreitung gefunden.

Nach Art der Anordnung der Komponenten

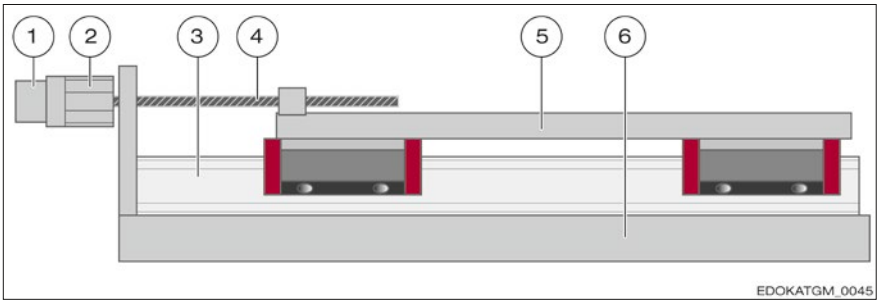
Als weitaus wichtiger hat sich jedoch erwiesen, wie die Antriebskomponenten und Messsystemkomponenten zusammen wirken. Je nach Wirkprinzip spricht man von einer indirekten oder direkten Messung bei Maschinenachsen.

Bei der indirekten Wegmessung wird die lineare Verschiebung in eine andere Messgröße umgewandelt. Ein oft anzutreffendes Beispiel ist eine Linearachse mit Spindelantrieb. Die Spindel setzt die Linearbewegung in eine Rotation um, der Drehwinkel wird meist direkt am Servomotor gemessen.

Der Vorteil liegt darin, mit einem preiswerten und kompakten Drehgeber die Position der Achse feststellen zu können. Der Nachteil ist, dass die Umwandlung einer Messgröße in eine andere nie fehlerfrei realisierbar ist. Bei der Spindel verfälschen Steigungsfehler, Spiel, Schwingungen und thermische Ausdehnung die Positionsmessung.

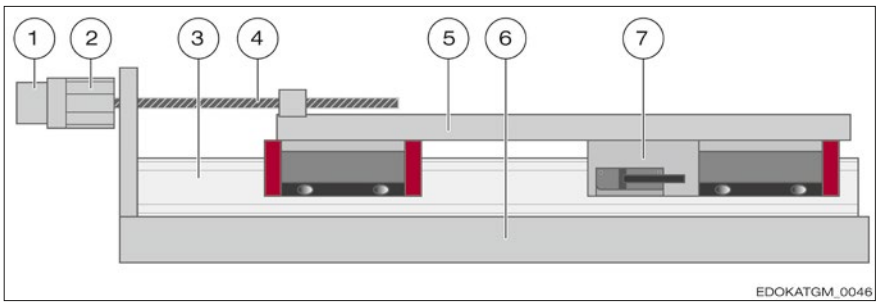
Bei der direkten Messung wird eine sogenannte lineare Maßverkörperung verwendet die direkt von einem Sensor abgetastet wird. Durch die damit erzielte Elimination von Zwischengrößen und der geringeren Entfernung zwischen Messobjekt und Messwertaufnehmer werden bessere Resultate erzielt.

Generell ist also die direkte Wegmessung zu bevorzugen, da sie die genaueren und von Umgebungsfaktoren weniger beeinflussten Messwerte liefert, sofern sie mit vertretbarem messtechnischem Aufwand realisierbar ist. Aus diesem Grund integriert SCHNEEBERGER-Positionsmesssysteme AMS in die Linearführung, um die Vorteile einer präzisen Linearführung mit den Vorteilen der direkten Wegmessung zu verbinden.



Linearführung ohne integriertem Positionsmesssystem MONORAIL AMS:

1	Drehgeber	4	Antriebsspindel
2	Motor	5	Tisch
3	Linearführung	6	Maschinenbett



Linearführung mit integriertem Positionsmesssystem MONORAIL AMS:

1	Drehgeber	5	Tisch
2	Motor	6	Maschinenbett
3	Linearführung	7	Integriertes Positionsmesssystem MONORAIL AMS
4	Antriebsspindel		

Nach Art der verwendeten elektronischen Schnittstelle

Es werden analoge Stromschnittstellen (11 μA_{SS}) oder analoge Spannungsschnittstellen (1 V_{SS}) verwendet. Das Problem der Richtungserkennung wird durch die Übertragung zweier sinusähnlicher Signale mit einem Phasenversatz von 90° (ff. Sinus, Kosinus) gelöst. Zur hoch auflösenden Verarbeitung (Interpolation) sind hierzu auf der Empfängerseite zwei hochwertige A/D Wandlerkanäle notwendig. Durch Digitalisierung der beiden Kanäle wird sofort durch Bestimmung des Quadranten und Trigonometrie der „Polwinkel" des Signals bestimmt, und auf die exakte Position geschlossen. Das Zählen der ganzen Perioden kann einfach über einen Vor- Rückwärtszähler gemacht werden.
Es gibt Produkte mit einer einzelnen Referenzmarke, einem regelmäßigen Referenzpunktraster oder einem unregelmäßigen Referenzpunktraster (Abstandcodierung). Mit zunehmender Integrationsdichte ist es möglich die Interpolation der Signale auf der Seite der Auswerteelektronik des Sensors zu integrieren. Diese Systeme liefern rein digitale Informationen (Quadratursignale) mit hoher Auflösung. Die genauigkeitsbestimmende Interpolation des Systems liegt somit auf der Seite des Wegmesssystems. Ein Nachteil liegt darin, dass das Verhältnis von Verfahrgeschwidigkeit und Auflösung durch die mögliche Datenübertragungsratete bestimmt ist. Sowohl die anlogen Systeme als auch die Digitalen mit integrierter Interpolationselektronik können zu den inkrementellen Signalübertragungen gezählt werden, da die Information als Differenz zur Vorgeschichte übertragen wird. Bei absolute Schnittstellen, die entweder die absolute Position als serielles Protokoll (SSI) oder in Kombination mit einer analogen inkrementellen Datenübertragung realisieren. Der wesentliche Unterschied zu inkrementellen Systemen besteht darin, dass die absolute Position, sofort nach dem Einschalten zur Verfügung steht.

3.1.2 Übersicht verschiedener Wegmessprinzipien

Wegmessprinzip	Optisch	Magneto-resistiv	Induktiv				
Auflösung	•••	•••	•				
Integrierbarkeit	•	•••	•••				
Schmutzempfindlichkeit	•	••	•••				
Bauraum	•	•••	•••				
Montage	••	•••	•••				

Anmerkung: • = Befriedigend, ••• = Sehr gut

3.1.3 Magnetoresistive Messtechnik von SCHNEEBERGER

Magnetoresistiver Effekt

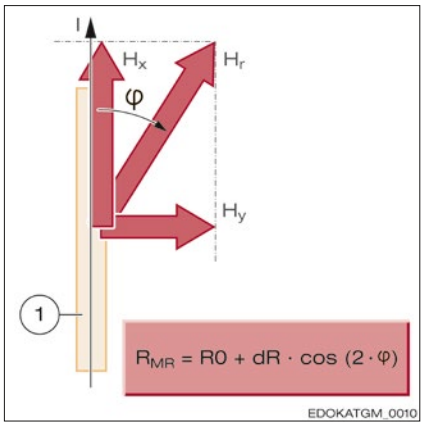
Alle magnetoresistiven Effekte basieren auf der Tatsache, dass ferromagnetische dünne Schichten ihren ohmschen Widerstand durch externe magnetische Felder ändern.

Die drei bekannten Effekte sind:

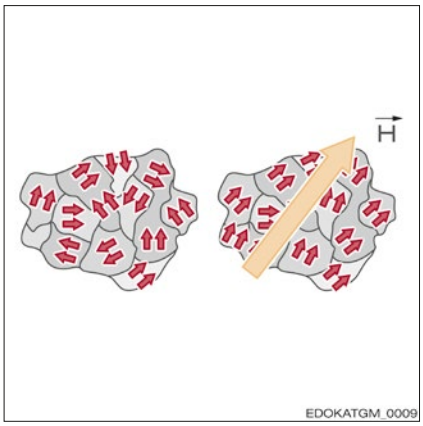
- AMR (Anisotropic Magnetic Resistance)
- GMR (Giant Magneto Resistance)
- TMR (Tunnelling Magneto Resistance)

Die Sensoren der Längenmesssysteme von SCHNEEBERGER benutzen den anisotropen magnetoresistiven Effekt (AMR-Effekt), der 1857 von Thomson in ferromagnetischen Materialien entdeckt wurde. Ist in einem solchen Leiter die Stromflussrichtung parallel zur Magnetisierung, wird der spezifische Widerstand einige Prozent größer, gegenüber normal aufeinander stehender Magnetisierung und Stromflussrichtung.

Mit einer dünnen Schicht eines ferromagnetischen Materials, kann man Magnetfeldsensoren aufbauen, indem man deren inneres Magnetfeld durch ein äußeres Magnetfeld ausrichtet. Nachdem das äußere Magnetfeld entfernt wird, bleibt das innere Magnetfeld ausgerichtet. Dies ist eine wesentliche Eigenschaft von ferromagnetischen Materialien.



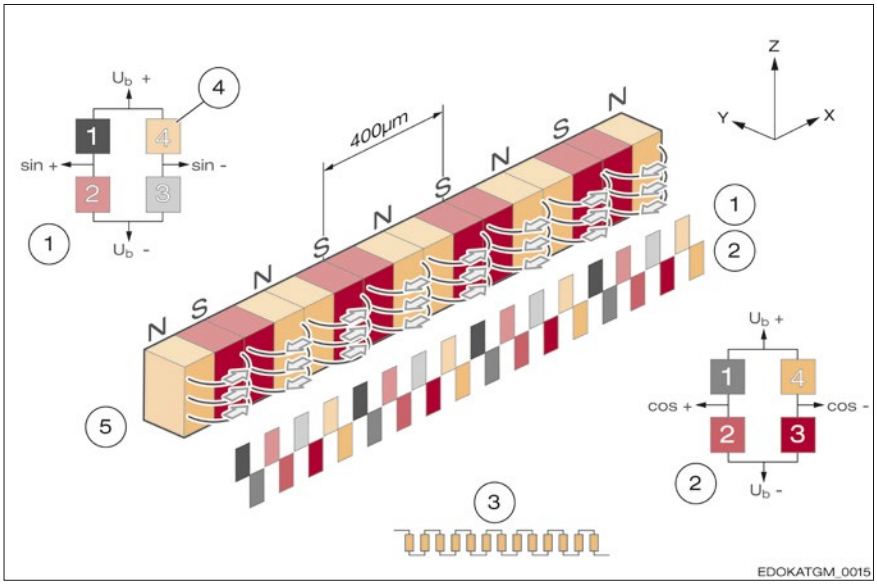
1 MR-Streifen
I Strom
H_x Eigenmagnetisierung des Streifens (großteils duch Form-Anisotropie)
H_r Resultierende Magnetisierung
H_y Messfeld
R_{MR} Widerstand MR-Streifen
R0 mittlerer Widerstand (feldfrei)
dR maximale Widerstandsänderung
φ Winkel zwischen Magnetisierung und Stromflussrichtung



Magnetische Bereiche (Weißsche Bezirke) richten sich am äußeren Magnetfeld aus.

Der magnetoresistive Inkremental-Sensor

Da der Widerstand eines einzelnen MR-Streifens von Temperaturschwankungen und magnetischen Störfeldern beeinflusst wird, werden als Sensor meist vier Streifen verwendet, die als Wheatstone'sche Brücke geschaltet sind. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass eine gleiche Änderung in allen vier Widerständen, z. B. durch Temperaturerhöhung, an den Ausgängen keine Spannungsdifferenz erzeugt. Um einen messbaren Effekt zu erzielen, müssen die Widerstände also auf geeignete Weise ausgelenkt werden, z. B. Widerstand 1 erhöht, 2 vermindert, 3 erhöht, 4 vermindert. Dies erreicht man durch geeignete Platzierung der MR-Streifen in der periodischen Magnetisierung. Daraus folgt, dass jeder Sensor auf seine Teilungsperiode der Magnetisierung angepasst ist und nur mit dieser funktioniert. Zusätzlich wird ein MR-Streifen nicht einzeln, sondern als Serienschaltung von mehreren Streifen ausgeführt, die jeweils eine magnetische Periode voneinander entfernt sind. Man spricht hier von äquivalenten Positionen. Damit erreicht man eine Mittelung der Streuungen des Maßstabs bezüglich Magnetisierungsstärke und Pollänge.
Wegen der quadratischen Kennlinie der Sensoren (es wird der Betrag der Feldstärke gemessen) erhält man ein Ausgangssignal mit der halben Periodenlänge der magnetischen Teilung. MONORAIL AMS Sensoren haben eine magnetische Teilung von 400 µm und somit eine elektrische Signalperiode von 200 µm.
Letztlich werden zwei dieser identischen Strukturen um 1/4 Signalperiode (50 µm) versetzt angeordnet und so ein Sinus- und ein Kosinus-Signal gewonnen, mit dem Bewegungsrichtung und Verfahrstrecke gemessen werden können.
Der komplette schematische Sensoraufbau sieht dann so aus:



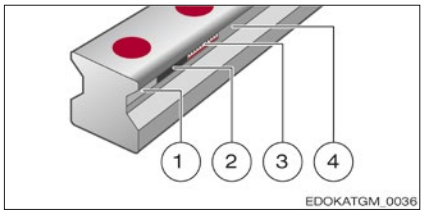
Schematischer Sensoraufbau:

1	Sinus-Sensor	4	MR-Streifen
2	Kosinus Sensor	5	Magnetisierung
3	Mittelung über 13 Perioden	U_b	Brückenspannung

Da der Ursprung für die beiden Signale von den gleichen Stellen der Maßverkörperung stammt, sind solche Sensoren sehr unempfindlich gegen laterale und rotatorische Verlagerungen. Dies führt in der Praxis zu stabilen Eigenschaften der periodischen Messabweichungen.
Die Feldstärke des Maßstabes ändert sich mit dem Abstand zum Maßstab in y-Richtung. Dies hat zur Folge, dass sich die Magnetfelder in großer Entfernung zum Maßstab aufheben. Im Nahfeld, Entfernung etwa Periodenlänge, nimmt die magnetische Feldstärke exponentiell mit der Entfernung in y-Richtung ab.

Magnetischer Maßstab

Wenn man einen magnetischen Maßstab erzeugt, dessen Feld in Längsrichtung periodisch variiert (N-S-N-S-N-S....), kann man mit MR-Sensoren ein inkrementelles Längenmesssystem aufbauen.



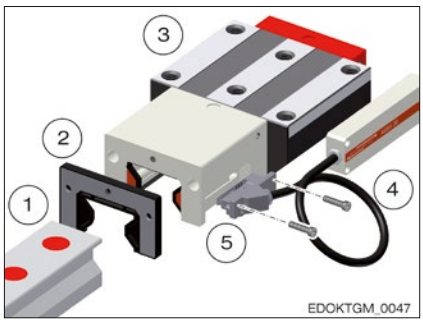
1 Eingeschliffene Nut
2 Eingeklebtes Magnetband
3 Magnetisierung
4 Aufgeschweißtes Schutzband

Magnetischer Maßstab

SCHNEEBERGER stellt Profilschienen her, in der die Maßverkörperung bereits fertig eingebracht ist. Eine genaue geometrische Lage der Magnetspur wird durch eine mechanische Bearbeitung der Ränder sichergestellt. Um die Maßverkörperung gegen Kratzer, Verschmutzung, sowie Kühl- und Schmiermittel zu schützen, wird sie mit einem sehr harten, dünnen Band abgedeckt. Die Ränder dieses Bandes werden mit der Profilführungsschiene verschweißt und sind damit dicht verschlossen.

Das Zusammenwirken des Messsystems

Zu einem funktionsfähigen System gehören eine Führungsschiene mit integrierter Maßverkörperung (1) und ein Messwagen (3) der als komplette Baueinheit bezogen wird. Der Messwagen besteht aus einem MONORAIL Führungswagen an dem auf einer Seite das Anbaugehäuse montiert ist.



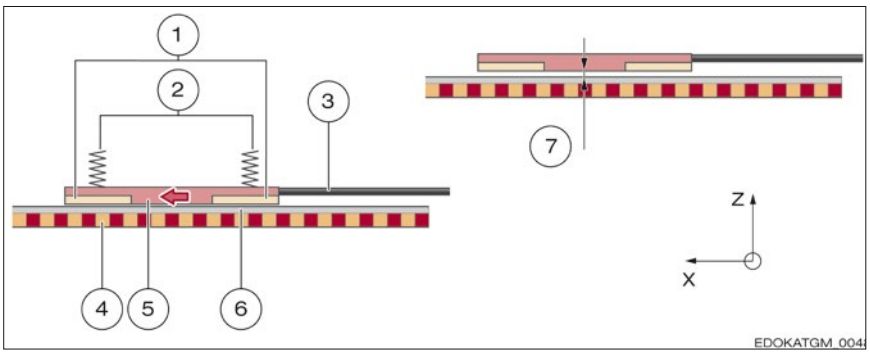
1 Führungsschiene mit integrierter Maßverkörperung
2 Zubehör
3 Messwagen
4 Schrauben
5 Lesekopf

Magnetischer Maßstab

Das Anbaugehäuse enthält einen Schacht mit Aufnahmeflächen für den Lesekopf (5). Der Lesekopf ist mit Schrauben (4) am Anbaugehäuse befestigt und ist somit einfach zu wechseln. An beiden Enden des Anbaugehäuses sind Querabstreifer montiert, welche gemeinsam mit montierten Längsabstreifern eine geschlossene Kammer um das Profil der Führungsschiene bilden. Das äußere Ende des Anbaugehäuses besitzt Aufnahmen und Befestigungsgewinde für Zubehör (2). Der Führungswagen kann weiterhin, auch von der Seite des Anbaugehäuses her, durch die Standardschmieranschlüsse geschmiert werden.

Berührende Abtastung

Für eine einwandfreie Verarbeitung der Inkrementalsignale ist eine Konstanz des Arbeitsabstandes zwischen Sensor und Maßverkörperung erforderlich. Diese enge Toleranz kann mit einem starren, justierten Aufbau von Maßstab und Sensor nicht eingehalten werden, weshalb für die AMS Wegmesssysteme ein berührend gleitendes Messprinzip gewählt wurde. Dabei werden die MR-Sensoren in ein Gleitergehäuse verpackt, das mittels einer Blattfeder in seiner horizontalen Position gehalten und durch Druckfedern an den Maßstab angepresst wird. Das Gleitergehäuse besitzt präzis geschliffene Gleitflächen, über die der Arbeitsabstand Sensor zu Maßstab eingestellt und konstant gehalten wird. Die Blattfeder ist genau parallel zur Bewegungsrichtung angeordnet, so dass sie steif in Messrichtung x und weich in z-Richtung ist.



AMS Wegmesssysteme:

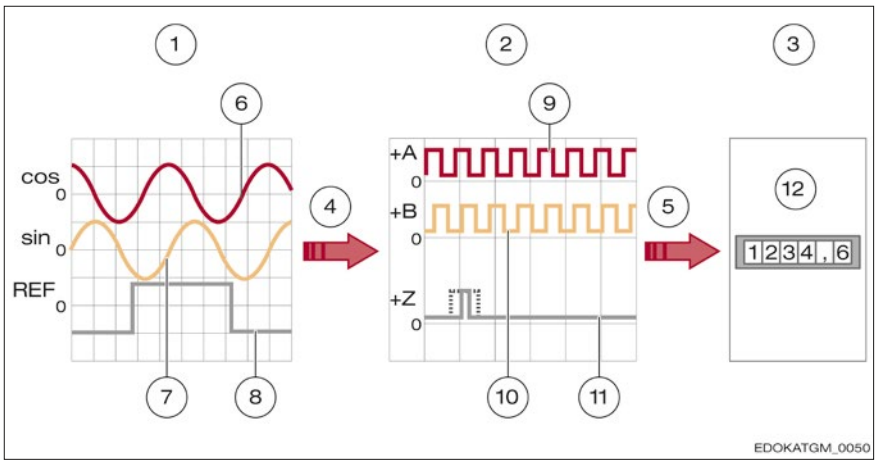
1	Keramikgleitstücke	5	Gleiter mit Sensor
2	Druckfeder	6	Schutzband
3	Blattfeder	7	Arbeitsabstand
4	Maßverkörperung		

Die Gleitstücke bilden zudem noch eine Abstreifkante, die größere Partikel und Flüssigkeiten nicht passieren können. Des Weiteren müssen die oben beschriebenen Abstreifer des Anbaugehäuses intakt sein um für gute Betriebsbedingungen bei der berührenden Abtastung zu sorgen.
Diese Bauweise stellt sicher, dass alle Verschleißteile und die genannte Elektronik im Lesekopf liegen. Dieser ist durch die seitliche Befestigung sehr leicht tauschbar. Die engen Fertigungstoleranzen stellen sicher, dass Leseköpfe im Feld problemlos getauscht werden können. Die Führungsschiene mit dem Maßstab bleibt unberührt.

3.1.4 Längenmesssystem

Interpolation

Bei der Anwendung in der Wegmessung bedeutet Interpolation, die Signalumwandlung von analogen Eingangssignalen in digitale Ausgangssignale mit kleinerer Signalperiode. Dies ist notwendig, da aus analogen Signalen nicht direkt Zähl- bzw. Positionswerte generiert werden können.



Die analogen Eingangssignale (sin, cos, Ref) werden zu digitalen Ausgangssignalen (+A, +B, +Z) interpoliert (roter Pfeil). Invertierte Signale sind nicht dargestellt:

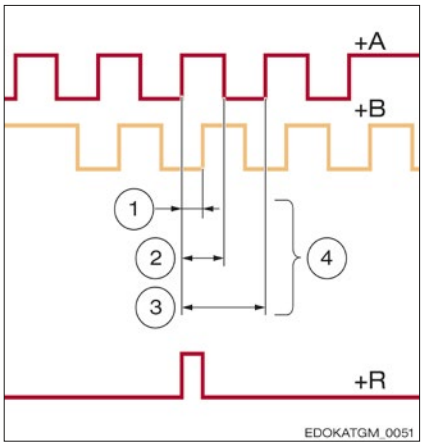
1	Analoges Eingangssignal: sin, cos, REF	7	analoges Eingangssignal (sin)
2	Digitales Ausgangssignal: +A, +B, +Z	8	analoges Eingangssignal (REF)
3	Folgeelektronik	9	digitales Ausgangssignal (+A)
4	Interpolation	10	digitales Ausgangssignal (+B)
5	Signalübertragung	11	digitales Ausgangssignal (+Z)
6	analoges Eingangssignal (cos)	12	Messzähler, PC, Steuerung für Maschine etc.

Hierbei bestimmt der Interpolationsfaktor das Verhältnis der Signalperioden vom analogen Eingangssignal zum digitalen Ausgangssignal.

Signalübertragung und Auswertung

Die digitalen Signale, bestehend aus den zwei inkrementellen Signalen +A und +B sowie dem Referenzsignal +R, werden an die Folgeelektronik übertragen. Dies kann ein einfacher Messzähler, ein PC oder die Steuerung für eine Maschine sein. Die Folgeelektronik bestimmt dann aus den digitalen Signalen den Positionswert durch Zählen der Signalflanken. Die Zählrichtung ergibt sich aus dem Pegel des jeweiligen anderen Kanals. Je nachdem wie viele Flanken ausgewertet werden spricht man hier von:

- Einflankenauswertung:
  Nur jeweils eine Flanke eines Kanals wird gezählt, das heißt ein Messschritt entspricht einer digitalen Signalperiode
- Zweiflankenauswertung:
  Sowohl steigende als auch fallende Flanken eines Kanals werden gezählt, das heißt ein Messschritt entspricht einer halben digitalen Signalperiode.
- Vierflankenauswertung:
  Sowohl steigende als auch fallende Flanken beider Kanäle werden gezählt, das heißt ein Messschritt entspricht einer viertel digitalen Signalperiode.



1 Vierflankenauswertung
2 Zweiflankenauswertung
3 Einflankenauswertung
4 Jeweils ein Messschritt

Flankenauswertung

Amplitudenregelung (AGC - automatic gain control)

Unter Amplitudenregelung versteht man die Eigenschaft einer SCHNEEBERGER-AMS Auswerteelektronik, die Ausgangsamplitude auf einen bestimmten Wert einzuregeln. Bei AMS werden hierzu die Momentanwerte des Sinus- und Kosinussignals digitalisiert und daraus die Amplitude errechnet. Der errechnete Wert wird mit dem Sollwert verglichen und die Brückenspannung Ub des MR-Sensors entsprechend angepasst. Dadurch wird ein stabiler Ausgangswert der Spannung erreicht. Nach der Anpassung stellt sich ein neuer besserer Momentanwert ein.
MONORAIL AMS arbeitet mit Regelzeiten zwischen 2 kHz und 10 kHz.

Power Sense Funktion

Alle AMS Produkte verfügen über eine Power Sense Leitung (siehe Steckerbelegung Speisespannungs-Rückführung) zur Kompensation des Speisespannungsabfalls bei langen Versorgungsleitungen. Falls die verwendete Steuerung diese Funktion unterstützt, empfehlen wir die Verwendung um die Funktionssicherheit des Lesekopfes sicherzustellen.

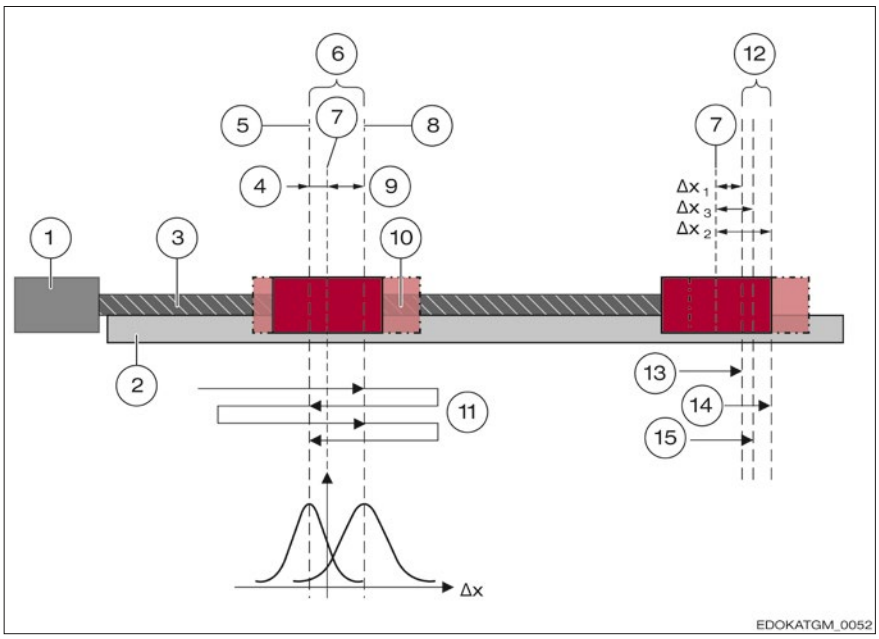
Genauigkeitsklasse
Die Genauigkeitsklasse spezifiziert die maximal zu erwartende Messabweichung eines Systems unter den angegebenen Betriebsbedingungen. Ein Wegmesssystem mit der Genauigkeitsklasse 5µm lässt Abweichungen von +/- 5 µm zu. Aus Vergleichbarkeitsgründen wird die Angabe der Genauigkeitsklasse unter der Annahme einer Bezugslänge von 1 m gemacht.

Auflösung
Die Auflösung beschreibt die kleinstmögliche messbare Positionsänderung des Messsystems. Sie wird durch die analoge Signalperiode, den Interpolationsfaktor und das Auswerteverfahren (Integrationszeit oder Abtastrate) bestimmt. Als Beispiel erhält man bei einem eingestellten Interpolationsfaktor von 100 und einer Eingangssignalperiode von 200 µm eine Ausgangssignalperiode von 2 µm und nach Vierflankenauswertung in der Steuerung eine Auflösung von 0,5 µm.

Abtastrate
Die Abtastrate beschreibt die Häufigkeit mit der das analoge Signal pro Zeitintervall abgetastet wird. Üblicherweise ist das Zeitintervall eine Sekunde, weshalb sich die Einheit der Abtastrate zu Hz ergibt. Die Frequenz der Abtastung sollte hierbei dem Nyquist-Shannon-Theorem folgend mindestens doppelt so groß sein wie die des Originalsignals, um eine annährend vollständige Abbildung des Originalsignals sicherzustellen.

Umkehrfehler/Hysterese
Führt man mit einem geeigneten Versuchsaufbau Wiederholbarkeitsmessungen jeweils abwechselnd in entgegengesetzter Richtung durch, so bekommt man eine Aussage über die Differenz der gemittelten Positionen des Wegmesssystems zwischen der Annährung von rechts und links. Diese Differenz wird Umkehrfehler oder auch Hysterese genannt. SCHNEEBERGER spezifiziert diesen Wert in den technischen Datenblättern. Die unidirektionale Wiederholbarkeit liegt in der Regel deutlich unter der spezifizierten Hysterese.

Wiederholbarkeit
Unter der unidirektionalen Wiederholbarkeit eines Messsystems versteht man allgemein die Möglichkeit unter gleichen Umgebungsbedingungen Ergebnisse die ein solches System liefert wiederholen zu können. Bei dieser Art der Beurteilung muss der Messfehler bekannt sein und in die Betrachtung mit einfließen. Die Wiederholbarkeit einer Werkzeugmaschine kann mit einfachen Methoden für eine bestimmte Position und eine bestimmte Verfahrrichtung ermittelt werden. Zur Beurteilung der Wiederholbarkeit werden viele Messungen durchgeführt, der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung berechnet.

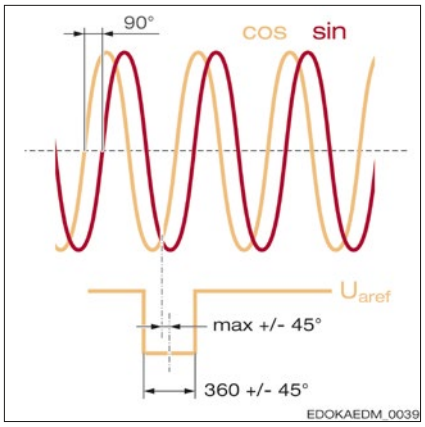


Hysterese und Wiederholbarkeit eines Messsystems:

1	Motor	9	Δx_{links}
2	Führungsschiene	10	Führungswagen
3	Kugelgewindespindel	11	Anfahrweg
4	Δx_{rechts}	12	Wiederholbarkeit
5	Gemittelte Position bei Anfahrt von rechts	13	1. Anfahrt
6	Hysterese	14	2. Anfahrt
7	x_{soll}	15	3. Anfahrt
8	Gemittelte Position bei Anfahrt von links		

Referenzieren

Inkrementelle Messsysteme wie AMS-3B und -4B können nach dem Einschalten die absolute Position nicht feststellen, deshalb wird eine weitere Magnetspur neben der inkrementellen Spur hinzugefügt, die Referenzspur. Auf dieser Referenzspur können ein einzelner Referenzpunkt, ein Referenzpunktraster oder abstandscodierte Referenzpunkte aufgebracht sein. Zur Referenzierung des Systems ist eine Referenzfahrt notwendig.
Der Zähler kann dann mit der Hilfe des Referenzsignals den internen Zähler auf einen vorgegebenen Wert ändern. Hierbei erkennt der Zähler eine vordefinierte Stellung der Inkrementalsignale zueinander, üblicherweise ist dies SIN = COS und beide größer Null sowie als Zusatzinformation REF = „hoch“ Die Abbildung zeigt den invertierten Signalverlauf, das heißt, dass die negativen Werte der Signale dargestellt sind.

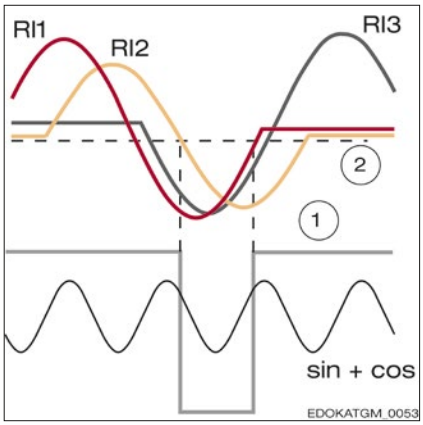


Analoge Spannungsschnittstellen TSU/TRU/TMU
mit einer Signalperiode von 200 µm

U_{aref} Ausgangsspannung des Referenzsignals

Einzelner Referenzpunkt

Ein einzelner Referenzpunkt stellt die einfachste Möglichkeit einer Referenzspur dar, sie kann an einer beliebigen Stelle entlang des Maßstabes aufgebracht werden.
Bei SCHNEEBERGER besteht ein Referenzpunkt aus drei magnetischen Referenzmarken, die mit einer einzelnen MR-Brücke ohne Mittelung abgetastet werden.
Eine Referenzinformation repräsentiert die steigende, eine weitere die fallende Flanke des Referenzimpulses. Die dritte Referenzinformation ist redundant und dient der Steigerung der Funktionssicherheit der Referenzpunkterkennung.



1	R_{out}= Referenzspur
2	Threshold
RI1	Referenzinformation 1
RI2	Referenzinformation 2
RI3	Referenzinformation 3

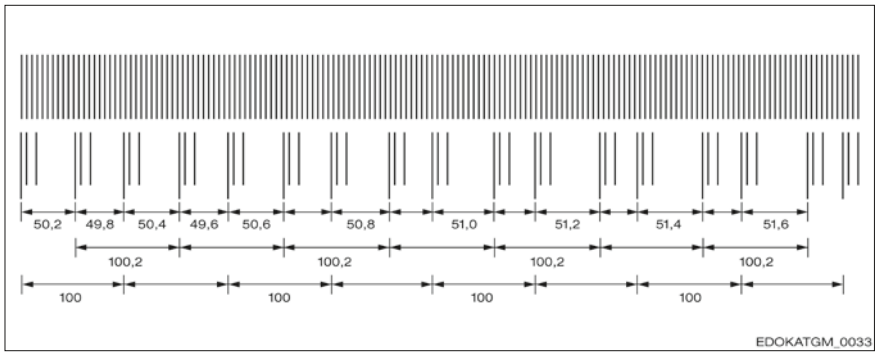
Referenzpunkterkennung

Referenzpunktraster

Bei einem Referenzpunktraster sind mehrere Referenzpunkte in gleichen Abständen entlang des Maßstabes aufgebracht. Der Kunde wählt aus diesen Referenzpunkten einen aus, den er für die Referenzierung der Achse nutzt.
Vorteile eines Rasters gegenüber eines einzelnem Referenzpunktes sind zum einen eine verkürzte Referenzfahrt, durch gezieltes anbringen von externen zusätzlichen Elementen (Nocken, Näherungsschalter o. Ä.), aber auch die Möglichkeit mehrere Messwagen auf einer Schiene betreiben zu können. Hier werden den unterschiedlichen Messwagen für die jeweilige Referenzierung verschiedene Referenzpunkte entlang des Maßstabes zugewiesen.

Abstandscodierung

Bei abstandscodierten Referenzpunkten sind diese auf dem Maßstab so angeordnet, dass jeder Abstand zwischen zwei Referenzpunkten nur einmal auftritt. Wenn man also z. B. bei einer Linearführung mit integriertem Wegmesssystem auf der Schiene drei Referenzpunkte überfährt, kann die Steuerung die absolute Position errechnen. Dieses stellt einen Industriestandard dar, der von vielen Steuerungsherstellern unterstützt wird. Das Prinzip geht aus der Abbildung hervor. Der Wert 100 wird meist als Grundperiode bezeichnet und stellt die Distanz dar, die im ungünstigsten Fall verfahren werden muss, um Referenzieren zu können.

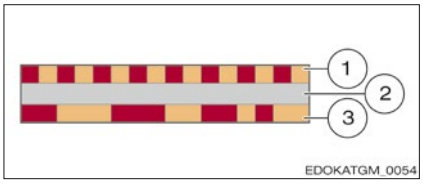


Abstandscodierung

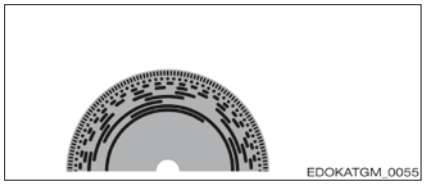
Die Grundperiode bestimmt die maximal codierbare Länge. Bei kurzen Achsen ist es sinnvoll, die Grundperiode klein zu wählen, um den maximal nötigen Verfahrweg zu reduzieren.
SCHNEEBERGER bietet deshalb für seine AMS Produkte kundenspezifisch abstandscodierte Referenzpunkte mit verschiedenen Grundperioden an.

Absolute Codierung

Für absolute Messsysteme wird an Stelle der Referenzspur eine Spur mit absoluter Codierung benutzt. Diese Codierung ist entweder seriell auf einer Spur oder parallel auf mehreren Spuren aufgebracht. Theoretisch ließe sich mit dieser Spur alleine schon der Weg messen, da aber die Auflösung dieser Codes relativ gering ist, ist meist eine absolutcodierte Spur mit einer Inkrementalspur kombiniert. Somit legt der absolute Code fest in welcher Signalperiode sich das Messsystem befindet und die Feinauflösung innerhalb dieser Signalperiode erhält man durch Interpolation des Inkrementalsignals.
Die nachfolgende Grafik zeigt Beispiele für codierte Systeme.



Seriell codiert
1 Interpolationsspur
2 nicht magnetisierter Bereich
3 Absolutspur

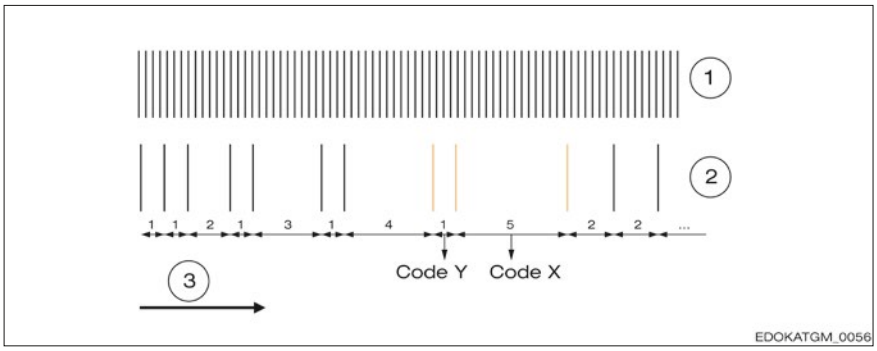


Parallel codiert - Impulsscheibe

Die absolute Position kann bei seriell codierten Spuren nur durch den Vergleich zweier aufeinander folgender Signalperioden festgestellt werden. Damit trotzdem zu jedem Zeitpunkt die absolute Position bekannt ist, werden zwei unterschiedliche Verfahren verwendet.
Eine Möglichkeit ist es Sensoren zu benutzen, die dem entsprechend so lang sind, dass sie den zur Bestimmung der absoluten Position notwendigen Code, abdecken. Somit können sie in jeder Position direkt die absolute Position bestimmen.

Die andere Möglichkeit ist es, die Auswerteelektronik zweikanalig aufzubauen. Ein Kanal ist, auch bei ausgeschalteter Maschine, immer in Betrieb (Batteriegepuffert) und erkennt jede Positionsveränderung der Achse. Beim Einschalten der Maschine wird diese niedrig aufgelöste Positionsinformation mit der hoch aufgelösten Positionsinformation des anderen Kanals zu einer korrekten absoluten Position zusammengeführt.

SCHNEEBERGER nutzt für die absolute Positionsbestimmung die batteriegepufferte Abtastung. Hierfür ist eine spezielle abstandscodierte Referenzspur als Absolutspur auf der Schiene aufgebracht. Das Messsystem ermittelt beim Verfahren den Abstand dreier benachbarter Referenzmarken und erhält durch Abgleich der ermittelten Werte mit einer hinterlegten Matrix die momentane absolute Position.
Im Beispiel wurden vom Lesekopf die drei markierten Referenzmarken überfahren und deren Abstände „1" (Code Y) und „5" (Code X) bestimmt. Diesen zwei Messwerten kann nun in der zweidimensionalen Matrix die absolute Position „Pos 1;5" zugeordnet werden.



Beispiel für Positionsbestimmung durch batteriegepufferte Abtastung:
1 Inkrementalspur
2 Referenzspur
3 Abtastrichtung

Zweidimensionale Matrix

Code Y/Code X	1	2	3	4	5	...		
1	Pos 1;1	Pos 1;2	Pos 1;3	Pos 1;4	Pos 1;5	...		
2	Pos 2;1	Pos 2;2	Pos 2;3	Pos 2;4	Pos 2;5	...		
3	Pos 3;1	Pos 3;2	Pos 3;3	Pos 3;4	Pos 3;5	...		
4	Pos 4;1	Pos 4;2	Pos 4;3	Pos 4;4	Pos 4;5	...		
5	Pos 5;1	Pos 5;2	Pos 5;3	Pos 5;4	Pos 5;5	...		
...	...	...	...	...	...	Pos Y;X		

Eindimensionale Längenmessabweichung

SCHNEEBERGER wendet für die Qualifikation der Maßverkörperung Verfahren in Anlehnung an die „VDI/VDE 2617 Leitfaden zur Anwendung von DIN EN ISO 10360-2 zur Prüfung von Längenmaßen" an. Der Fokus liegt hier auf der Erreichung eines möglichst hohen Kundennutzens in den technischen Angaben. Bei den technischen Daten werden drei verschiedene Angaben zu Längenmessabweichung verwendet:

- Periodische Abweichung
- Längenmessabweichung auf eine Strecke von 40 mm
- Längenmessabweichung auf eine Strecke von 1 m

Um die Qualität des Maßstabs sicherzustellen wird eine Grenzkurve der zulässigen Abweichung erstellt. Die Grenzkurve und die Messabweichungen verschiedener Bezugslängen, die der Kunde typischerweise nutzt, werden in ein Diagramm eingetragen.
Für SCHNEEBERGER-Messsysteme ist es deshalb zulässig zwischen den Spezifikationen zu interpolieren.

Periodische Abweichungen

Alle inkrementelle Wegmesssysteme werden durch den Effekt einer periodischen Abweichung begleitet, deren Wellenlänge exakt dem Teilungsabstand oder einem Bruchteil des Teilungsabstands entspricht. Diese periodische Abweichung oder auch kurzwellige Abweichung entsteht durch kleine Abweichungen in der Sensorik oder der elektrischen Signalverarbeitung. Die Sinus- und Kosinus-Signale weichen dabei von der mathematisch exakten Form ab. Je nach Ordnung (Oberwellen) teilt man die Abweichungen ein.

Periode KWF	Abweichung entsteht durch
1 Signalperiode	Offset Sinus/Kosinus
1/2 Signalperiode	Amplitude Sinus und Kosinus sind unterschiedlich
1/3 - 1/8 Signalperiode	Sensoren liefern ein Signal das grundsätzlich von der Sinusform abweicht

Interpolationsfehler

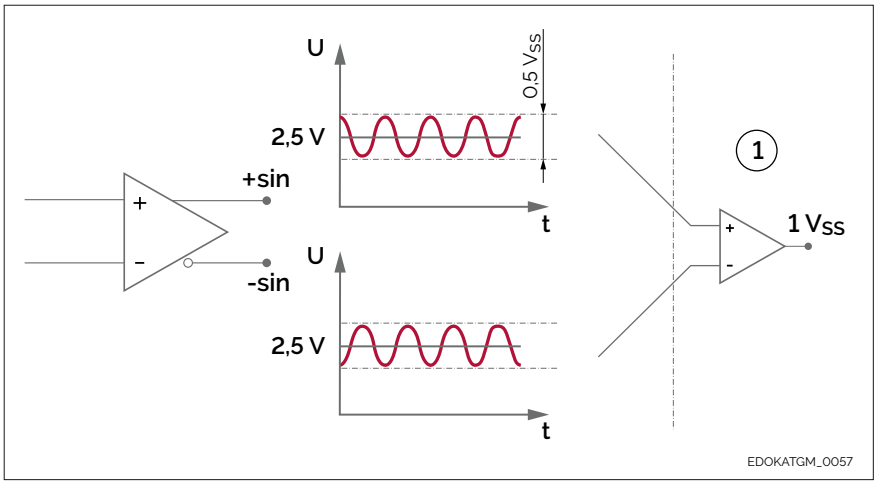
Entstehen die periodischen Abweichungen ausschließlich bei der Digitalisierung und Errechnung der Position, so spricht man von einem Interpolationsfehler. Dies kann unter Umständen sehr leicht der Fall sein wenn die Sender- und Empfängerschaltung nicht exakt aufeinander abgestimmt sind.

Komparatorfehler

Der Komparatorfehler, oder auch Abbe-Fehler genannt, ist eine systematische Abweichung die entsteht, wenn die Achse der Längennormalen nicht mit der Achse der Wegnormalen zusammenfällt. Die Ursachen für die Abweichung sind kleinste rotatorische Bewegungen in der Achsführung, die das Messergebnis beeinflussen.

3.2.1 Inkrementelle Schnittstellen

Analoge Spannungsschnittstelle (1 V_{ss}), Produkte AMSA-3B, AMSA-4B, AMSA-3L
Signale Lesekopf bei analogen Systemen, Operationsverstärker Ausgang, volldifferentieller Ausgang

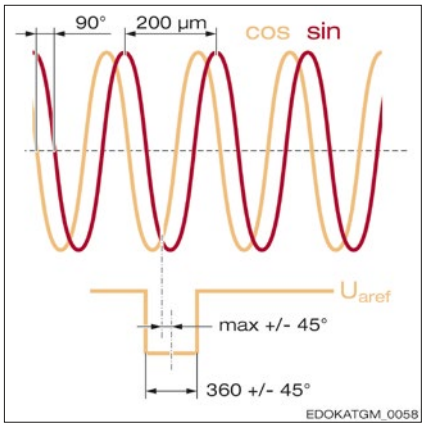


Signale Lesekopf bei analogen Systemen, Operationsverstärker Ausgang, differentieller Ausgang mit fester Bezugspannung:

1	Empfänger	t	Zeit
U	Spannung	V_{ss}	1V Spitze-Spitze

Diese Schnittstelle gewährleistet eine sichere Datenübertragung und wird daher bei der inkrementellen Messung am häufigsten verwendet. Die Inkrementalsignale Sinus und Kosinus sind 90° in der Phasenlage verschoben. Die Signalperiode liegt bei 0,2 mm. Die Pegel nach Differenzverstärkung der Inkrementalsignale und des Referenzsignals betragen aufgrund der verwendeten Signalspannungsregelung AGC (Automatic-gain-controll) immer konstant 1 +/- 0,2 V_{SS}. Je nach Steuerung liegt die Abschaltgrenze bei ca. 0,4 V_{SS} bis 1,6 V_{SS}.

Der Referenzimpuls wird symmetrisch zum Schnittpunkt von Sinus und Kosinus (bei 45°) eingestellt. Die Breite und die Phasenlage des Referenzimpulses werden, wie im Bild angegeben limitiert. Dadurch kann bei der Signalauswertung die Genauigkeit des Referenzpunktes über die zusätzliche Verwendung der Inkrementalinformation gesteigert werden. Diese Schnittstelle funktioniert mit allen gängigen Steuerungen, die eine 1 VSS Spannungsschnittstelle unterstützen. Der Abschlusswiderstand sollte 120 Ohm betragen. Die maximale Kabellänge des Lesekopfes liegt bei 30 m.



Signalverlauf der analogen Spannungsschnittstelle, invertiert dargestellt, mit einer Signalperiode von 200 µm.

Steckerbelegung

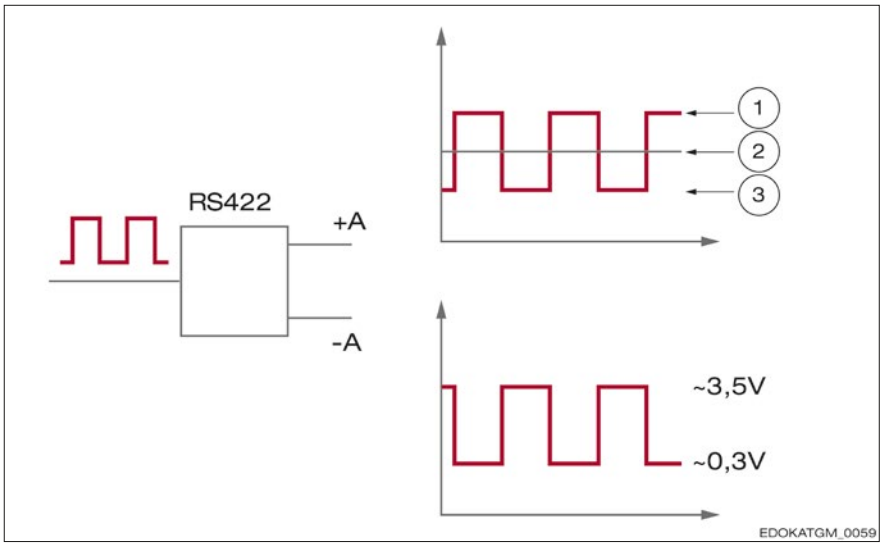
Schnittstellen TSU/TRU/TMU

Kontakt	Signalz	Signalart
1	- Ua2	- Kosinus
2	+ 5 V Sensor	Speise-spannungs-Rückführung
3	+ Ua0	Referenzsignal
4	- Ua0	Referenzsignal
5	+ Ua1	+ Sinus
6	- Ua1	- Sinus
7	- Uas	NC
8	+ Ua2	+ Kosinus
9	-	NC
10	0 V (GND)	Speise-spannung
11	0 V Sensor	Speise-spannungs-Rückführung
12	+ 5 V	Speise-spannung

Die Steckerbelegung ist kompatibel zu vielen gängigen Linearmesssystemen. Steckerbelegung siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.

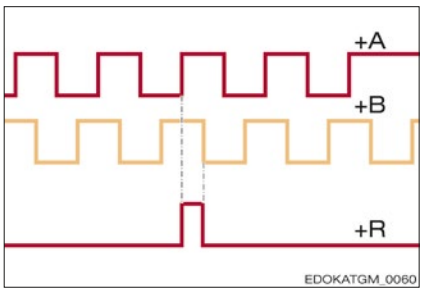
Digitale Schnittstelle, Produkte AMSD-3B und AMSD-4B

Volldifferentielle Schnittstelle nach EIA-RS 422.
Bei der digitalen Lesekopfschnittstelle wird ein Leitungspaar verwendet um die Signale A+, sowie die invertierten Signale A- zu übertragen. Auf dieselbe weise werden B+, B- und die Referenzsignale R+, R-, differentiell übertragen. Es wird dabei ein Ausgangstreiber Typ DS34C87TM von National Semiconductor verwendet.
Der Vorteil der differentiellen Übertragung besteht darin dass die Störsicherheit durch die symmetrische Übertragung mit gegenphasigen Signalen vergrößert wird.



Digitale Systeme:
1 high Mode
2 common Mode
3 low Mode

Im Bild sind die positiven Signale dargestellt. Die Pegel der Einzelsignale betragen:
High = 2,5 V- 5V
Low = 0 V- 0,5 V
Die Anstiegs- und Abfallzeiten sind kürzer als 20 ns. Die minimalen Flankenabstände (x) errechnen sich aus der eingestellten maximalen Ausgangsfrequenz und der Auflösung. Die Folgeelektronik muss die maximale Ausgangsfrequenz sicher verarbeiten können. Die max. einstellbare Ausgangsfrequenz des Lesekopfes ist 8 MHz. Auflösungen von 0,2 µm/1µm/5µm sind einstellbar.



Signalverlauf der digitalen Schnittstelle

Steckerbelegung

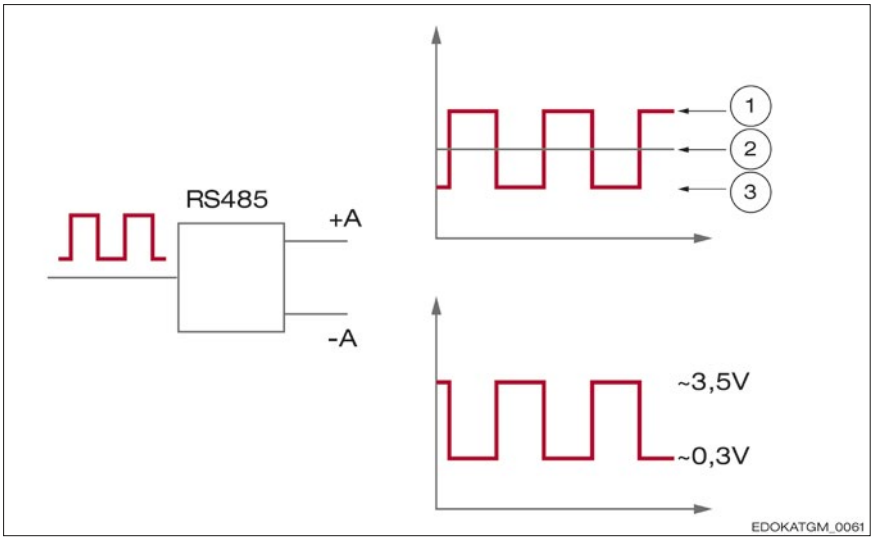
Schnittstellen TSD/TRD/TMD

Kontakt	Signal	Signalart
1	- Ua2	Quadratursignal
2	+ 5 V Sensor	Speise-spannungs-Rückführung
3	+ Ua0	Referenzsignal synchronisiert
4	- Ua0	Referenzsignal synchronisiert
5	+ Ua1	Quadratursignal
6	- Ua1	Quadratursignal
7	- 0as	Störungssignal aktiv low, Mindestdauer 20 ms
8	+ Ua2	Quadratursignal
9	-	NC
10	0 V (GND)	Speise-spannung
11	0 V Sensor	Speise-spannungs-Rückführung
12	+ 5 V	Speise-spannung

3.2.2 Absolute Schnittstellen

Produkte AMSABS-3B und AMSABS-4B

Die Signale werden voll differentiell entsprechend dem Schnittstellenstandard EIA - RS 485 übertragen. Es kommt dabei ein Ausgangstreiber SN75LBC176AD von Texas Instruments zum Einsatz.



Absolute Schnittstellen:
1 high Mode
2 common Mode
3 low Mode

Es wird ein Leitungspaar verwendet um ein invertiertes Signal und ein nichtinvertiertes Signal zu übertragen. Am Empfänger wird aus der Differenz der beiden Spannungspegel das ursprüngliche Signal durch Differenzbildung erzeugt. Der Vorteil dieser Datenübertragung liegt in der vergrösserten Störsicherheit.
Es sollte ein Abschlusswiderstand von 120 Ohm verwendet werden.

Steckerbelegung

RS 485 legt nur die elektrischen Eigenschaften der Schnittstelle fest. Die Protokolle und die Steckerbelegungen sind anwendungsspezifisch. SCHNEEBERGER verwendet für die absoluten Schnittstellen folgende Steckerbelegungen:



Steckerbelegung

Schnittstellen TRH/TMH

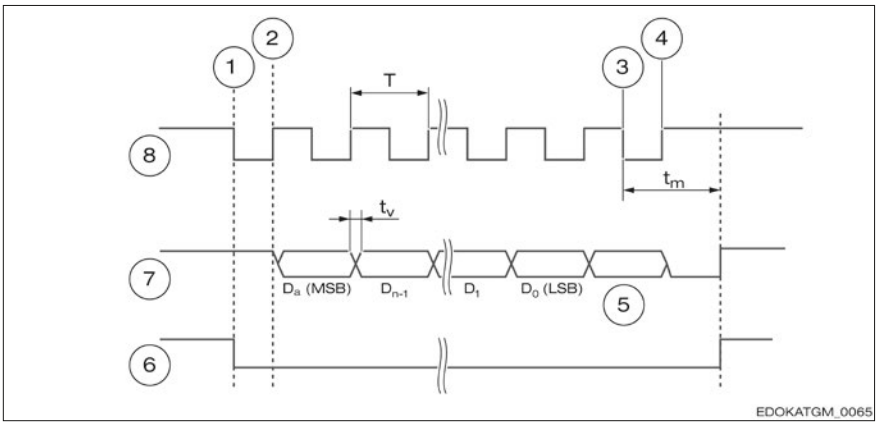
Kontakt	Signal	Signalart
1	+ 5 V Sensor	Speise-spannungs-Rückführung
2	-	NC
3	-	NC
4	0 V Sensor	Speise-spannungs-Rückführung
5	-	NC
6	-	NC
7	+ 5 V oder 24	Speise-spannung
8	+CLK	+ Takt
9	-CLK	- Takt
10	0 V (GND)	Speise-spannung
11	-	NC
12	+ Ua2	+ Kosinus
13	- Ua2	- Kosinus
14	+ DATA	+ Daten
15	+ Ua1	+ Sinus
16	- Ua1	- Sinus
17	- DATA	- Daten

SCHNEEBERGER bietet für die AMSABS-Produkte die Übertragungsprotokolle SSI und SSI + 1 V_{SS} an.

Synchron-Serielle Schnittstelle (SSI)

Die Synchron-Serielle Schnittstelle besteht aus zwei Kanälen (2x2 Leitungen „twisted pair"). Der erste Kanal (Takt) überträgt ein Taktsignal von der Folgeelektronik zum Messsystem. Der zweite Kanal (Daten) überträgt dazu synchron vom Messsystem zur Folgeelektronik die Informationen des Messsystems in form von Datenworten. Jedes Datenwort besteht aus bis zu 32 Bits, die die vollständige absolute Position, die binär oder im Graycode dargestellt ist, und optional bis zu drei konfigurierbare Sonderbits (Bits 3, 2 und 1) beinhalten. Ein Sonderbit kann ein Fehler-, Warnungs- oder Paritybit sein. So können Störungen schneller erkannt und das System sicher betrieben werden. Dieses Produkt kann an handelsübliche Steuerungen mit Synchron-Serieller Schnittstelle angeschlossen werden.

Eine Positionsübertragung läuft folgendermaßen ab:
Die Folgeelektronik gibt mit der ersten fallenden Flanke im Taktsignal (1) den Befehl zum Beginn der Datenübertragung (2) an das Messsystem. Mit jeder folgenden steigenden Taktflanke wird nun ein Datenbit vom Messsystem an die Folgeelektronik übermittelt. Nach der Übertragung des letzten Bit, dem „Least significant Bit", endet die Datenübertragung und der Takt stoppt. Das Datensignal ist nun für eine definierte Zeit t_m auf „low" und springt anschließend auf „high". Erst mit der nächsten steigenden Flanke (4) kann eine neue Datenübertragung beginnen.

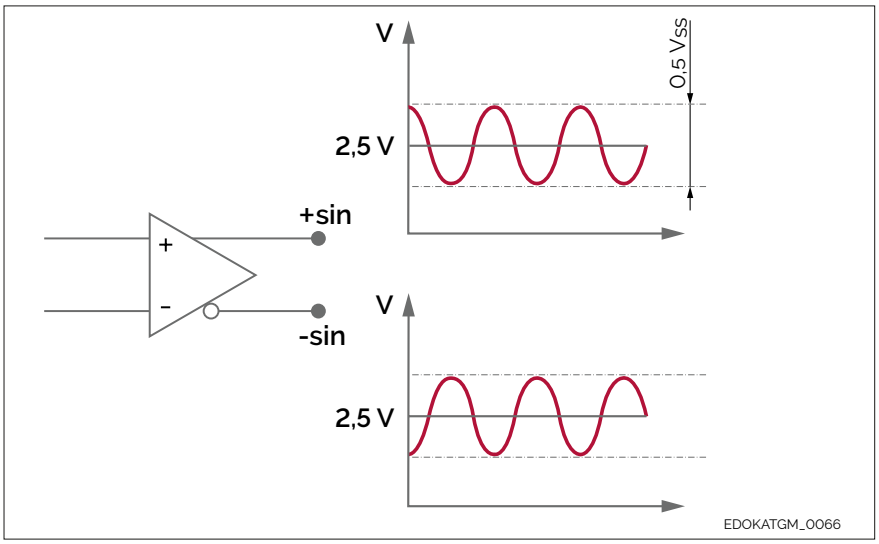


Beispiel der Postionsübertragung:

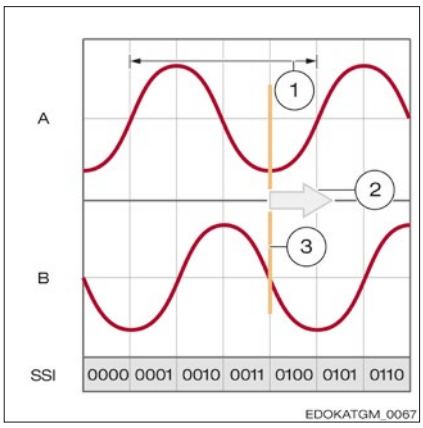
1	erste fallende Flanke im Taktsignal	7	Daten seriell
2	Beginn der Datenübertragung	8	Takt
3	letzte fallende Flanke im Taktsignal		
4	nächste steigende Flanke	T	Periodendauer des Taktsignals
5	Sonder	t_m	Monoflopzeit (zwischen 10 µs und 30 µs)
6	Monoflop P/$\overline{S}$	t_v	100 ns

Synchron-Serielle Schnittstelle mit Analogsignal (SSI + 1 V_{ss})

Die Synchron-Serielle Schnittstelle mit Analogsignal unterscheidet sich von den anderen absoluten Schnittstellen in der Art, dass sie sich im Prinzip aus einer inkrementellen und einer digitalen Schnittstelle zusammensetzt. Die Inkrementalsignale werden zur hochgenauen Ermittlung der Position verwendet. Die Absolutinformation dient zur Bestimmung der Positionswerte. Die inkrementelle und die absolute Positionsbestimmung erfolgen in getrennten Schaltungsteilen.
Dadurch wird ein ständiger Vergleich der beiden Signale möglich. Durch die redundante Verarbeitung der Signale wird die Funktionssicherheit des Systems wesentlich erhöht.



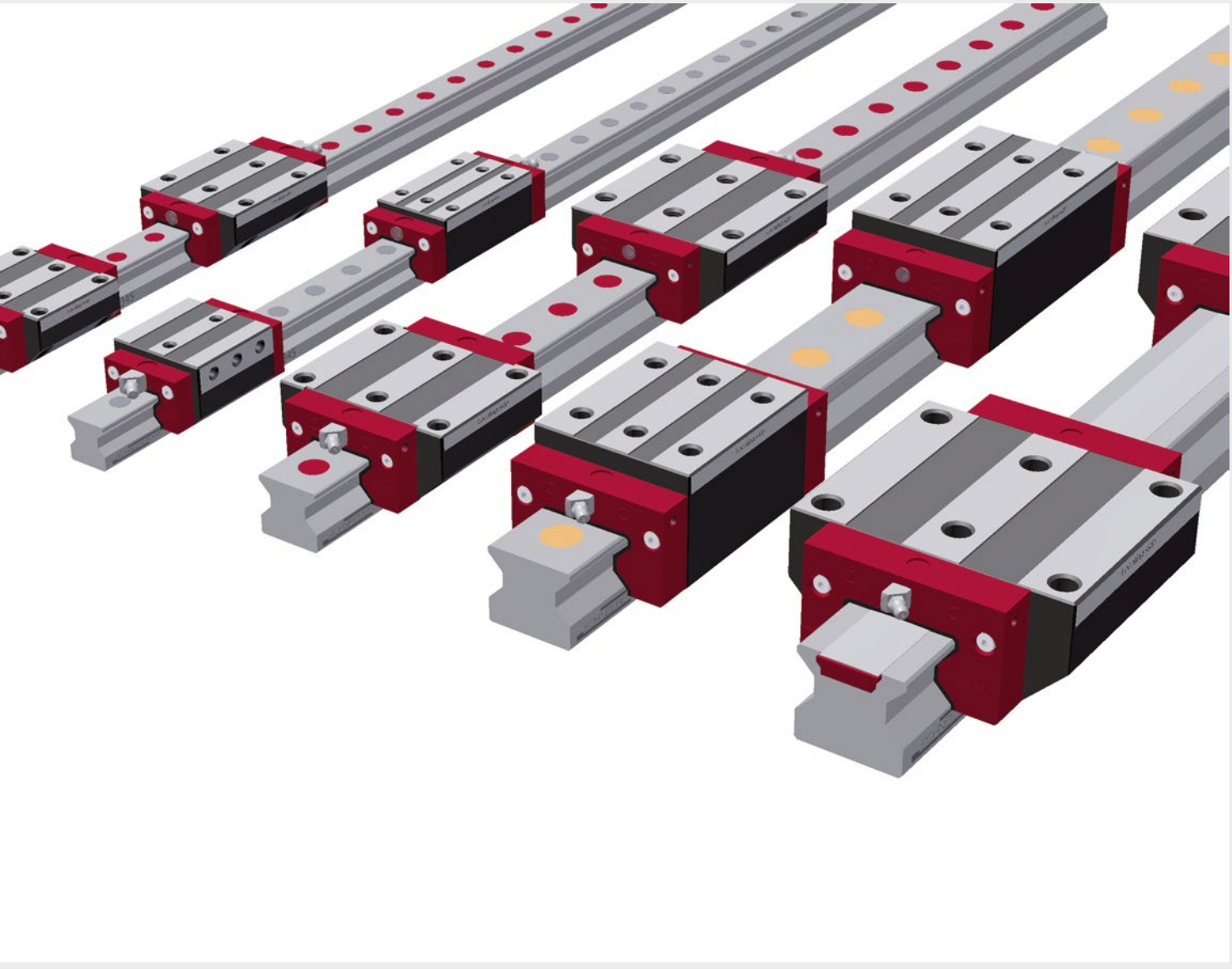
Signalverlauf der Synchron-Seriellen Schnittstelle mit Analogsignal, Verbindung zwischen den SSI Werten und den analogen Signalen:



1 Signalperiode 360° elektrisch
2 Richtung bei steigenden Werten
3 Lage der Nullposition des SSI Absolutwertes

Darstellung für 11 Bit Multiturn und 2 Bit Singleturn, bei 4 Quadrantenauswertung.
Spur A, Spur B und SSI-Wert mit 11 Bit Multiturn, 2 Bit Singleturn (4 Quadrate/Periode)

Sinus und Kosinus treten in jeder Periode auf, der Singleturn-Wert ist dann immer 0.
In der Steuerung werden die beiden letzten Bits abgeschnitten, es wird nur der Multiturn gezählt und der hochauflösende Singleturn-Teil eingefügt.
Parameterlisten für die Verwendung mit spezifischen Steuerungen sind auf Anfrage erhältlich.



SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

4 Entwicklung und Design: Führen 81

4.1 Einflussfaktoren für die Produktauswahl 85

4.1.1 Produktauswahl 85

4.1.2 Einflussfaktoren 85

4.2 Vergleich Kugel - Rolle 86

4.2.1 Eigenschaften 86

4.2.2 Anwendungsgebiete 87

4.3 Führungsschienenbauformen 88

4.3.1 Führungsschienenbauformen - Übersicht 88

4.3.2 Eigenschaften und Auswahlkriterien 90

4.4 Führungswagenbauformen 93

4.4.1 Führungswagenbauformen - Übersicht 93

4.4.2 Eigenschaften und Auswahlkriterien 95

4.5 Vorspannung 97

4.5.1 Definition und Zweck 97

4.5.2 Vorspannklassen 98

4.5.3 Anwendungsbereiche 98

4.6 Genauigkeit 100

4.6.1 Genauigkeitsklassen 100

4.6.2 Maßtoleranzen 101

4.6.3 Ablaufgenauigkeit 105

4.7 Einbauarten von Führungssystemen 106

4.7.1 Auswahlkriterien 106

4.7.2 Einbauvarianten 106

4.8 Berechnung und Dimensionierung 109

4.8.1 Grundlagen 109

4.8.2 Berechnung der Lebensdauer 111

4.8.3 Berechnung der statischen Tragsicherheit S_0 114

4.8.4 Berechnungsprogramm für die Dimensionierung der MONORAIL 114

4.8.5 Beispiel eines Datenblatts für einen X-/Y-Tisch 116

4.8.6 Beispiel einer Maschinenskizze für einen X-/Y-Tisch 117

4.9 Befestigung Führungsschiene 119

4.9.1 Befestigungsarten 119

4.9.2 Schienenoptionen 119

4.9.3 Verschlusselemente für Befestigungsbohrungen 120

4.9.4 Toleranzen Führungsschienenlänge und Befestigungsbohrungen für Führungsschienen der Bauformen N, ND, NU, NUD, C und CD 122

4.9.5 Zulässige Schraubenanzugsmomente 122

4.9.6 Zulässige Seitenkraft ohne Anschlagfläche 123

4.9.7 Zulässige Zugkräfte und Quermomente 124

4.9.8 Genauigkeit - Einflussfaktoren 124

4.10 Mehrteilige Führungsschienen 125

4.10.1 Zusammengesetzte Führungsschienen und Stöße 125

4.10.2 Montage und Kennzeichnung 125

4.11 Befestigung Führungswagen 126
4.11.1 Befestigungsarten 126
4.11.2 Seitliche Anschlagflächen 127
4.11.3 Zulässige Seitenkraft ohne Anschlagfläche 127
4.11.4 Einfluss der Anzahl Befestigungsschrauben auf die Steifigkeit 128
4.11.5 Zulässige Schraubenanzugsmomente 128
4.11.6 Mindesteinschraubtiefe 129
4.12 Gestaltung der Anschlusskonstruktion 130
4.12.1 Seitliche Anschlagflächen 130
4.12.2 Ausrichtmethoden für die Schiene 131
4.12.3 Seitliche Anschlagflächen 131
4.12.4 Einbauarten 132
4.12.5 Form- und Lagegenauigkeit der Anschlussflächen 134
4.13 Schmierung 137
4.13.1 Schmierung im Auslieferungszustand 137
4.13.2 Erstschmierung und Nachschmierung 137
4.13.3 Lebensdauerschmierung 138
4.13.4 Vorsichtsmaßnahmen 138
4.13.5 Schmieranschlüsse 139
4.13.6 Schmierung mit Fett 142
4.13.7 Schmierung mit Öl 143
4.13.8 Applikationswissen Schmierung - Anforderungen an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen 144
4.13.9 Schmierplatte SPL 150
4.14 Abdichtung 152
4.14.1 Standard - Dichtungen 152
4.14.2 Zusatzabstreifer 154
4.14.3 Faltenbalg 156
4.14.4 Einsatzgebiete Dichtsysteme 160
4.15 Korrosionsschutz 161
4.15.1 Beschichtungen 161
4.15.2 MONORAIL BM in Edelstahlausführung (WR, SR) 162
4.16 Zusatzfunktion Klemmen und Bremsen 165
4.16.1 Klemm- und Bremselemente - Aufbau und Einsatzgebiete 165
4.16.2 Bauarten von Klemm- und Bremselementen 165
4.16.3 Bauformübersicht 166
4.17 SCHNEEBERGER-Download und Online CAD-Katalog 167
4.17.1 SCHNEEBERGER-Downloads 167
4.17.2 Online CAD-Katalog 167

4.1.1 Produktauswahl

Die Auswahl einer SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung erfolgt in mehreren Schritten. Es sind dabei folgende Parameter festzulegen.

- Führungsart Rolle – Kugel
- Zusatzfunktionen Messen, Antreiben
- Baugröße und Anzahl Führungswagen bzw. Führungsschienen
- Bauform von Führungsschienen und Führungswagen
- Genauigkeitsklasse
- Vorspannungsklasse
- Schmierart und Anschlüsse
- Zubehör Führungsschiene und Führungswagen
  - Schutzelemente (Abstreifer, Faltenbalg)
  - Verschlusselemente für Führungsschiene (Stopfen, Abdeckband)
  - Schmierzubehör
  - Klemm-/Bremselemente

4.1.2 Einflussfaktoren

Die Wahl einer geeigneten Führung hängt von den Anforderungen der Anwendung, den Einsatzbedingungen und von äußeren Einflüssen ab. Diese Faktoren müssen zu Beginn der Produktauswahl festgelegt werden.

Applikation

- Art der Anwendung
- Zusatzfunktionen Messen, Antreiben, Bremsen
- Geforderte Genauigkeit und Steifigkeit
- Antriebsart
- Einbaulage und Einbauraum
- Hublänge
- Bewegte Massen

Betriebsbedingungen

- Kräften
- Geschwindigkeit und Beschleunigung
- Verfahrstrecken, Kurzhub
- Einsatzdauer und Zyklen
- Kühlschmierstoffe, Späne
- Wartung

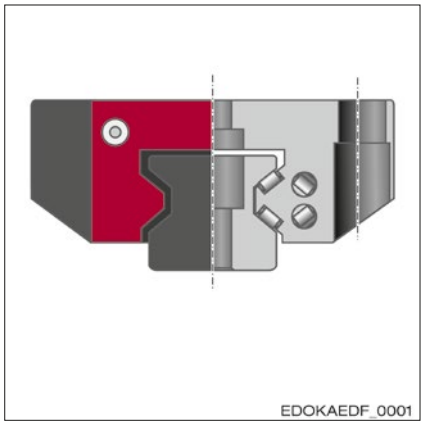
Umgebungsbedingungen

- Schmutz
- Temperatur
- Feuchtigkeit
- Reinraum oder Vakuum

4.2.1 Eigenschaften

Je nach Anwendung werden unterschiedliche Anforderungen an die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen gestellt. Die Vorteile der Rollenführungen kommen hauptsächlich zum Tragen bei Anwendungen, bei denen eine hohe Tragfähigkeit und Steifigkeit sowie eine lange Lebensdauer gefordert werden oder bei Anwendungen mit begrenztem Einbauraum.
Die Vorteile der Kugelführungen liegen aufgrund der geringeren bewegten Massen bei dynamischen Anwendungen, das heißt bei hohen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen oder bei erhöhten Anforderungen an die Geräuschentwicklung und Verschiebekraft. Außerdem bieten sie Kostenvorteile gegenüber der Rolle und eine optimale Anpassung an die baulichen Gegebenheiten aufgrund der größeren Bauformvielfalt.

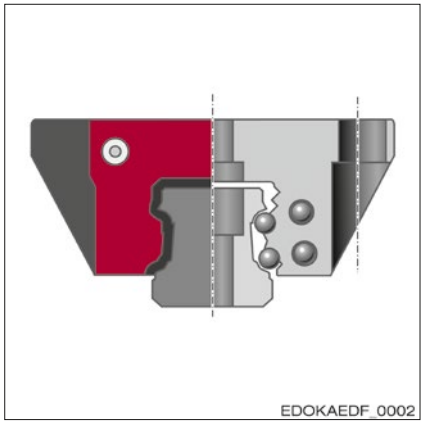
Rollen-MONORAIL MR


EDOKAEDF_0001

Technische Eigenschaften:
– 4 Rollenlaufbahnen in O-Geometrie Rollen mit balliger Oberfläche
– Komplett abgedichtete Führungswagen
– Hauptabmessungen gemäß DIN 645-1
– Vielfältige Ausführungen und Schmiermöglichkeiten
– Zahlreiches Zubehör für breites Anwendungsspektrum

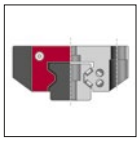
Hauptanwendungsgebiete:
Werkzeugmaschinen für hohe Zerspanleistungen und lange Lebensdauer, Maschinen/Einrichtungen mit minimalen Einbaumaßen, CNC-Bearbeitungszentren, CNC-Drehmaschinen, CNC-Schleifmaschinen, Erodiermaschinen, Spritzgießmaschinen

Kugel-MONORAIL BM


EDOKAEDF_0002

Technische Eigenschaften:
– 4 Kugelreihen mit 2-Punkt-Kontakt in O-Geometrie,
– Optimierte Bahngeometrie mit geringer Anzahl Übergängen,
– Geringe Anzahl von Einzelteilen,
– Reduzierte Wartung durch integrierte Schmiermittelreservoirs,
– Komplette Führungswagenabdichtung,
– Trapezförmiges Führungsschienenprofil für hohe Steifigkeit und vereinfachten Verschleißteilewechsel,
– Hauptabmessungen gemäß DIN 645-1.

Hauptanwendungsgebiete:
Werkzeugmaschinen für kleine und mittlere Zerspanleistungen, Hilfsachsen, Holzbearbeitungsmaschinen, Blechbearbeitungsmaschinen, Wasserstrahl-/Laseschneidanlagen, Stanzautomaten, Robotik, Handlinggeräte und Automationstechnik, Elektronik und Halbleitertechnik, Messtechnik, Medizintechnik



Merkmal	Rollen-MONORAIL MR	Kugel-MONORAIL BM
Tragfähigkeit	••••	••
Steifigkeit	••••	•••
Genauigkeit	••••	••••
Lebensdauer	••••	•••
Laufeigenschaften/ Pulsation	••	••••
Reibungsverhalten	••	••••
Zulässige Geschwindigkeiten	•••	••••
Montage und Servicefreundlichkeit	•••	••••
Anforderungen an Genauigkeit und Steifigkeit der Umgebungskonstruktion	hoch	mittel
Integriertes Längenmesssystem	ja	ja
Integrierte Zahnstange	nein	ja

Anmerkung: • = befreidigend, •••• = sehr gut

4.2.2 Anwendungsgebiete

Rollenführungen
werden typischerweise angewendet in

- Werkzeugmaschinen für hohe Zerspanleistungen und für lange Lebensdauer
- Maschinen und Einrichtungen mit minimalen Einbaumaßen
- Bearbeitungszentren
- Bohrzentren
- CNC-Drehmaschinen
- CNC-Schleifmaschinen
- Erodiermaschinen
- Spritzgießmaschinen
- Umformtechnik

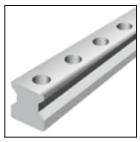
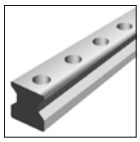
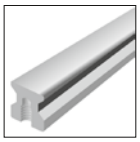
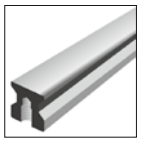
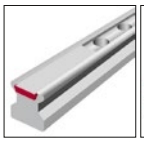
Kugelführungen
werden beispielsweise eingesetzt in

- Werkzeugmaschinen für kleine und mittlere Zerspanleistungen
- Hilfsachsen
- Holzbearbeitungsmaschinen
- Blechbearbeitungsmaschinen
- Wasserstrahl- und Laserschneidanlagen
- Stanzautomaten
- Robotik
- Handlinggeräte und Automationstechnik
- Elektronik und Halbleitertechnik
- Messtechnik
- Medizintechnik

4.3.1 Führungsschienenbauformen - Übersicht

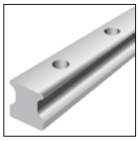
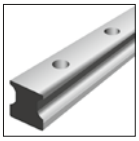
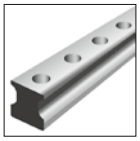
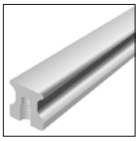
Die Führungsschienenbauformen unterscheiden sich hauptsächlich in der Befestigungsart, die auch die Verschlussmöglichkeiten für die Befestigungsbohrungen definiert. Daneben gibt es noch unterschiedliche Bohrungabstände und Härteverfahren. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Bauformen für MONORAIL MR mit Rolle und MONORAIL BM/BZ mit Kugel.
Verfügbare Baugrößen siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.

Produktübersicht MR Führungsschienen

							
Baugrößen/ Führungsschienen-bauformen	**N** standard	**ND** standard, durchgehärtet	**NU** mit Gewinde von unten	**NUD** mit Gewinde von unten, durchgehärtet	**C** für Abdeckband	**CD** für Abdeckband, durchgehär-tet	
Größe 25	MR S 25-N	MR S 25-ND	MR S 25-NU		MR S 25-C	MR S 25-CD	
Größe 35	MR S 35-N	MR S 35-ND	MR S 35-NU	MR S 35-NUD	MR S 35-C		
Größe 45	MR S 45-N	MR S 45-ND	MR S 45-NU		MR S 45-C		
Größe 55	MR S 55-N		MR S 55-NU		MR S 55-C		
Größe 65	MR S 65-N		MR S 65-NU		MR S 65-C		
Größe 100	MR S 100-N						
Besondere Eigenschaften							
von oben anschraubbar	•	•			•	•	
von unten anschraubbar			•	•			
geringer Montageaufwand			•	•	•	•	
große einteilige Systemlängen	•		•		•		
für Einsatz bei Spänebeschuss				•			
zur Abstützung von Abdeckungen		•		•			

Anmerkung: • = zutreffend

Produktübersicht BM Führungsschienen

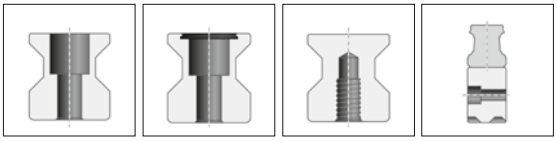
							
Baugrößen/ Führungsschienen-bauformen	**N** standard	**ND** standard, durchgehärtet	**NXD** standard, halber Bohrungsab-stand, durchgehärtet	**NU** mit Gewinde von unten	**C** für Abdeckband	**CD** für Abdeckband, durchgehärtet	
Größe 15		BM S 15-ND	BM S 15-NXD			BM S 15-CD	
Größe 20	BM S 20-N			BM S 20-NU	BM S 20-C		
Größe 25	BM S 25-N			BM S 25-NU	BM S 25-C		
Größe 30	BM S 30-N			BM S 30-NU	BM S 30-C		
Größe 35	BM S 35-N			BM S 35-NU	BM S 35-C		
Größe 45	BM S 45-N			BM S 45-NU	BM S 45-C		
Besondere Eigenschaften							
von oben anschraubbar	•	•	•		•	•	
von unten anschraubbar				•			
geringer Montageaufwand				•	•	•	
hochgenaue Montage ohne seitlichen Anschlag			•				
große einteilige Systemlängen	•			•	•		
zur Abstützung von Abdeckungen		•	•				

Anmerkung: • = zutreffend

4.3.2 Eigenschaften und Auswahlkriterien

Befestigung

Man unterscheidet bei den Führungsschienen zwei Hauptbefestigungsarten.
Die Standardschienen -N- und die Schienen für Abdeckbänder -C- besitzen Durchgangsbohrungen zur Befestigung von oben. Bei der N-Schienen werden die Bohrungen mit Stopfen, bei der C-Schiene mit einem Abdeckband verschlossen.
Daneben gibt es auch Führungsschienen mit Gewindebohrungen auf der Unterseite zur Befestigung von unten. Diese Führungsschienen sind gekennzeichnet durch ein -U- in der Bauformbezeichnung. Sie besitzen den Vorteil einer vollkommen glatten Abstreifoberfläche und dass keine Verschlusselemente für die Führungsschienenbohrungen benötigt werden. Sie werden hauptsächlich eingesetzt bei Anschlus konstruktionen mit Zugänglichkeit von der Unterseite, für eine kostengünstige Montage und für eine lange Lebensdauer der Abstreifer.
Der Anhang -D- an die Bauformbezeichnung kennzeichnet eine durchgehärtete Führungsschiene, ein -X- bei MR-Schienen den doppelten, bei BM-Schienen den halben Lochabstand der Befestigungsbohrungen.



Bauform/ Befestigung	N, ND	C, CD	NU, NUD	NX (BZ)				
von oben	•	•						
von unten			•					
von der Seite				•				

Anmerkung: • = zutreffend

Als vierte Variante gibt es Führungsschienen mit seitlicher Befestigung. Diese kommt zum Einsatz bei den verzahnten Systemen MONORAIL BZ. Hier liegen die Befestigungsbohrungen außerhalb des Bewegungsbereiches der Führungswagen mit dem Vorteil, dass die Bohrungen sehr gut zugänglich sind und zum Schutz der Abstreifer nicht verschlossen werden müssen.

Schienenlängen

Maximale einteilige Führungsschienenlängen L3

MONORAIL Schienen werden einteilig in maximalen Längen gemäß nachfolgender Tabelle gefertigt. Längere Führungsschienen bestehen aus mehreren gestoßenen Teilstücken, wobei die Stöße immer mittig zwischen zwei Befestigungsbohrungen liegen. Schienenenden von Teilstücken, die aneinanderstoßen, sind stirnseitig geschliffen und scharfkantig. Außenliegende Führungsschienenenden und die Enden einteiliger Führungsschienen sind stirnseitig getrennt und entgratet.

Maximale einteilige Führungsschienenlänge L3 (Längen in mm)

Bauform/ Härteverfahren	15	20	25	30	35	45	55	65
MR induktiv einteilig			6000*		6000	6000	6000	6000
induktiv mehrteilig			4000*		4000	4000	4000	4000
durchgehärtet			2000		2000	2000	1800	1800
BM induktiv einteilig		3000	6000	6000	6000	6000		
induktiv mehrteilig		3000	4000	4000	4000	4000		
durchgehärtet	1500							
BZ induktiv			6000		6000			

Anmerkung:* MR 25-C Führungsschiene für MAC-Abdeckband max. 3000 mm

Standard Führungsschienenlängen

Die Standard Führungsschienenlängen betragen für MONORAIL MR und BM

$$L3 = n \cdot L4 - 2\ mm$$

EDOKAEDF_0216

L3 Schienenlänge (mm)
n = 3, 4, 5...
L4 Bohrungsteilung (mm)

für MONORAIL BZ

$$L3 = n \cdot L4$$

EDOKAEDF_0217

L3 Schienenlänge (mm)
n = 3, 4, 5...
L4 Bohrungsteilung (mm)

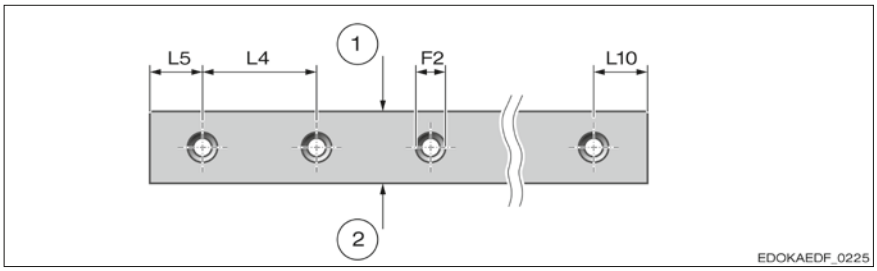
Führungsschienen in Speziallängen

Bei Abweichungen von oben angeführten standard Führungsschienenlängen berechnet sich die Führungsschienenlänge für MONORAIL MR und BM nach nachstehender Formel:

$$L3 = n \cdot L4 + L5 + L10$$

EDOKAEDF_0218

L3 Schienenlänge (mm)
n = 3, 4, 5...
L4 Bohrungsteilung (mm)
L5 Anfangsbohrungsabstand (mm)
L10 Endbohrungsabstand (mm)



Führungsschiene:
1 Beschriftungsseite
2 Anschlagseite
F2 Senkungsdurchmesser (mm)
L4 Bohrungsteilung (mm)
L5 Anfangsbohrungsabstand (mm)
L10 Endbohrungsabstand (mm)

Hierbei sollten für den Anfangsbohrungsabstand L5 und für den Endbohrungsabstand L10 folgende Werte eingehalten werden:

$$L5_{max}, L10_{max} = L4 - (F2/2 + 1\ mm)$$

EDOKAEDF_0219

L5 Anfangsbohrungsabstand (mm)
L10 Endbohrungsabstand (mm)
L4 Bohrungsteilung (mm)
F2 Senkungsdurchmesser (mm)

$$L5_{min}, L10_{min} = F2/2 + 1\ mm$$

EDOKAEDF_0220

L5 Anfangsbohrungsabstand (mm)
L10 Endbohrungsabstand (mm)
F2 Senkungsdurchmesser (mm)

Bei MONORAIL BZ gelten für L5 und L10 feste Werte:

$$L5 = L10 = L4/2$$

EDOKAEDF_0221

L5 Anfangsbohrungsabstand (mm)
L10 Endbohrungsabstand (mm)
L4 Bohrungsteilung (mm)

Oberflächenhärte

Standardmäßig sind die Seitenflächen und Laufbahnen der MONORAIL Führungsschienen induktiv gehärtet. Diese Führungsschienen werden empfohlen für normale Anwendungen, für große Systemlängen und wenn nachträglich noch Bohrungen in die Führungsschiene eingebracht werden sollen, z. B. für Passstifte oder zum Befestigen eines Faltenbalgs.
Für den Fall, dass eine gehärtete Führungsschienenoberseite benötigt wird, z. B. um Gleiter für Abdeckungen abzustützen oder weil die Führungsschienen im offenen Spanraum zum Einsatz kommen, sind auch durchgehärtete Varianten erhältlich. Bei den Bauformen ND, NUD und CD steht das „D" für die Durchhärtung.

Führungsschienenabdeckung

Je nach Bauform der Führungsschiene können die Führungsschienenbohrungen auf unterschiedliche Art verschlossen werden.
SCHNEEBERGER bietet hierzu eine Vielzahl von Elementen für jeden Anwendungsfall. Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die angebotenen Varianten und deren spezifische Eigenschaften:

Führungsschienenabdeckungen



Führungsschienenbauformen/ Bestellcode	U-Schiene*	Kunststoff-stopfen	Messing-stopfen	Stahlstopfen	Abdeckband
MONORAIL MR	•	MRK	MRS	MRZ	MAC
MONORAIL BM	•	BRK	BRS		BAC
MONORAIL BZ		BRK			
Eigenschaften					
Kosten gering	•	•			
mittel			•		
hoch				•	•
Montageaufwand gering	•				•
mittel		•		•	
hoch			•		
Freiraum an Führungsschienen-enden erforderlich					•
Wieder verwendbar					•
Hohe mechanische Belastbarkeit	•		•	•	
Einsatzbedingungen Flüssigkeiten	•	•	•	•	
Schmutz, fein	•	•	•		•
Späne, grob	•	•	•	•	
heiße Partikel	•		•	•	•
Demontierbarkeit mittel				•	
gut			•		
sehr gut		•			•

Anmerkung: • = zutreffend, * = Befestigung von unten - keine Schienenabdeckung notwendig

4.4.1 Führungswagenbauformen - Übersicht

Bei der Auswahl der Führungswagenbauform sind neben der Tragfähigkeit vor allem die Befestigungsart und der zur Verfügung stehende Bauraum von Bedeutung. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Bauformen für MONORAIL MR mit Rolle und MONORAIL BM mit Kugel.
Verfügbare Baugrößen siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS. Alle Führungswagenbauformen entsprechen in den Außenabmessungen und in der Lage der Schmierbohrungen der DIN 645 und sind daher austauschbar.

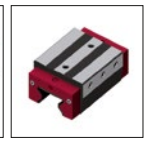
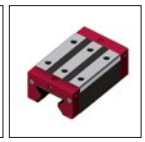
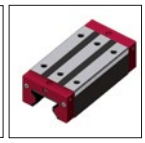
Produktübersicht BM Führungswagen



Baugrößen/ Führungs-wagenbauformen	A standard	B standard, lang	C kompakt, hoch	D kompakt, hoch, lang	E kompakt, hoch, für Seitenmontge	F kompakt	G kompakt, lang
Größe 15	BM W 15-A		BM W 15-C			BM W 15-F	
Größe 20	BM W 20-A	BM W 20-B	BM W 20-C	BM W 20-D			
Größe 25	BM W 25-A	BM W 25-B	BM W 25-C	BM W 25-D	BM W 25-E	BM W 25-F	BM W 25-G
Größe 30	BM W 30-A	BM W 30-B	BM W 30-C	BM W 30-D	BM W 30-E	BM W 30-F	BM W 30-G
Größe 35	BM W 35-A	BM W 35-B	BM W 35-C	BM W 35-D	BM W 35-E	BM W 35-F	BM W 35-G
Größe 45	BM W 45-A	BM W 45-B	BM W 45-C	BM W 45-D		BM W 45-F	BM W 45-G
Besondere Eigenschaften							
von oben anschraubbar	•	•	•	•		•	•
von unten anschraubbar	•	•					
von der Seite anschraubbar					•		
für hohe Kräften und Momente		•		•			•
für mittlere Kräften und Momente	•		•		•	•	
für beeingte Einbauverhältnisse						•	•

Anmerkung: • = zutreffend

Produktübersicht MR Führungswagen

							
Baugrößen/ Führungs-wagenbauformen	**A** standard	**B** standard, lang	**C** kompakt, hoch	**D** kompakt, hoch, lang	**E** kompakt, hoch, für Seitenmontge	**F** kompakt	**G** kompakt, lang
Größe 25	MR W 25-A	MR W 25-B	MR W 25-C	MR W 25-D	MR W 25-E	MR W 25-F	MR W 25-G
Größe 35	MR W 35-A	MR W 35-B	MR W 35-C	MR W 35-D	MR W 35-E		
Größe 45	MR W 45-A	MR W 45-B	MR W 45-C	MR W 45-D		MR W 45-F	
Größe 55	MR W 55-A	MR W 55-B	MR W 55-C	MR W 55-D			MR W 55-G
Größe 65	MR W 65-A	MR W 65-B	MR W 65-C	MR W 65-D			
Größe 100		MR W 100-B					
Besondere Eigenschaften							
von oben anschraubbar	•	•	•	•		•	•
von unten anschraubbar	•	•					
von der Seite anschraubbar					•		
für hohe Kräfte und Momente		•		•			•
für mittlere Kräfte und Momente	•		•		•	•	
für beengte Einbauverhältnisse						•	•

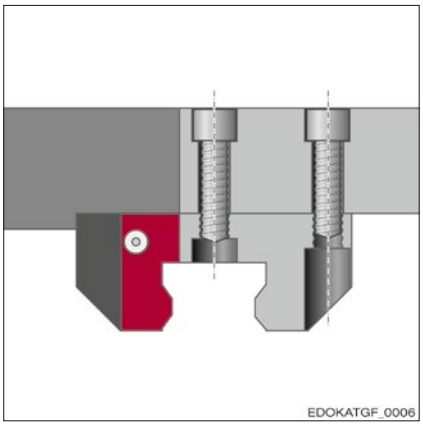
Anmerkung: • = zutreffend

4.4.2 Eigenschaften und Auswahlkriterien

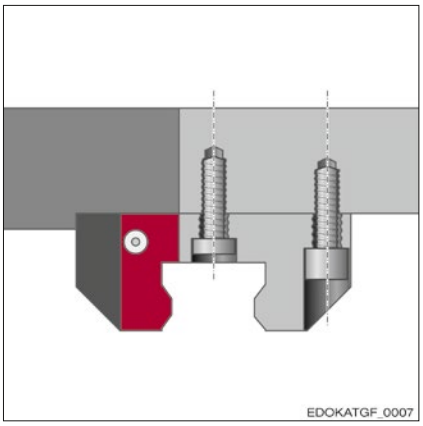
Befestigung

Alle Führungswagenbauformen besitzen zur Befestigung 6 Gewindebohrungen bzw. Durchgangsbohrungen. Diese sind bei den Führungswagen mit kompaktem Querschnitt (Bauform C, D, F und G) als Sackbohrungen ausgeführt und ermöglichen die Befestigung von oben und bei der E-Bauform von der Seite.

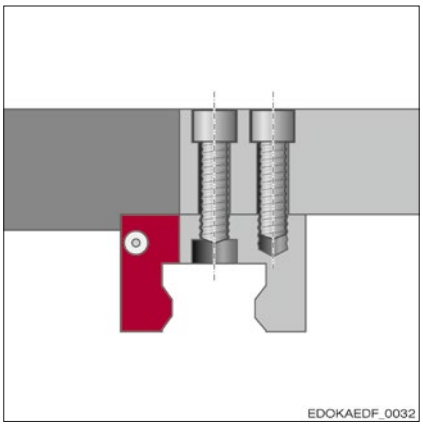
Die Führungswagenbauformen A und B besitzen Gewindedurchgangsbohrungen. Diese erlauben sowohl die Befestigung von oben als auch von unten. Die Befestigung von oben erzielt aufgrund größerer Schraubendurchmesser eine steifere Befestigung. Bei der Befestigung von unten ist zu beachten, dass für die mittleren Bohrungen Schrauben mit niedrigem Kopf nach DIN 6912 verwendet und, falls vorhanden, die Kunststoffschutzstopfen in den mittleren Wagenbohrungen entfernt werden müssen. Wichtig für die Befestigung der Wagen ist eine vollflächige Auflage der Anschraubfläche. Ausserdem muss die Ebenheit der Auflagefläche den Vorgaben in Kapitel 4.12.5 - Form- und Lagegenauigkeit der Anschlussflächen entsprechen, ansonsten wird eine Deformation des Führungswagens hervorgerufen die eine Veränderung der Vorspannung des Führungswagens zur Folge haben kann.



Führungswagen mit Gewindedurchgangsbohrungen von oben befestigt



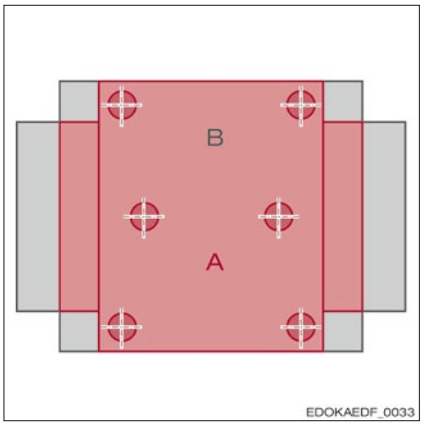
Führungswagen mit Gewindedurchgangsbohrungen von unten befestigt



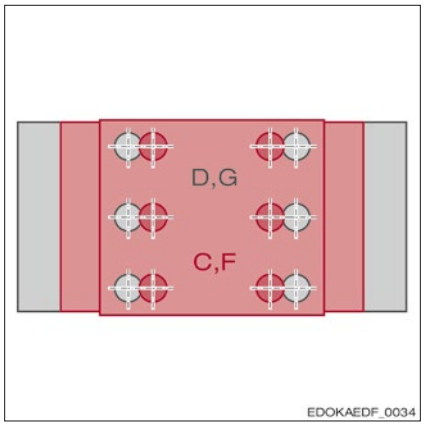
Führungswagen mit Sackbohrungen von oben befestigt

Austauschbarkeit

Die Führungswagen einer Baugröße können ausgetauscht werden. die Vorspannung bleibt dabei erhalten. Die Führungswagen besitzen jedoch je nach Bauform unterschiedliche Anschraubbohrbilder. Eine Ausnahme bilden die Führungswagenbauformen A und B. Diese weisen trotz unterschiedlicher Länge dasselbe Bohrbild auf, was die gegenseitige Austauschbarkeit ermöglicht. So können z. B. kurze (A) gegen lange (B) Führungswagen ausgetauscht werden, ohne dass der Maschinenschlitten modifiziert werden muss.
Bei allen anderen Führungswagenbauformen ist dies nicht möglich.



Anschraubbohrbilder für Führungswagenbauform A und B



Anschraubbohrbilder für Führungswagenbauform C, D, F und G

Die Bauformen D, G und C, F haben identische Bohrbilder, jedoch unterschiedliche Führungswagenhöhen.

Steifigkeit

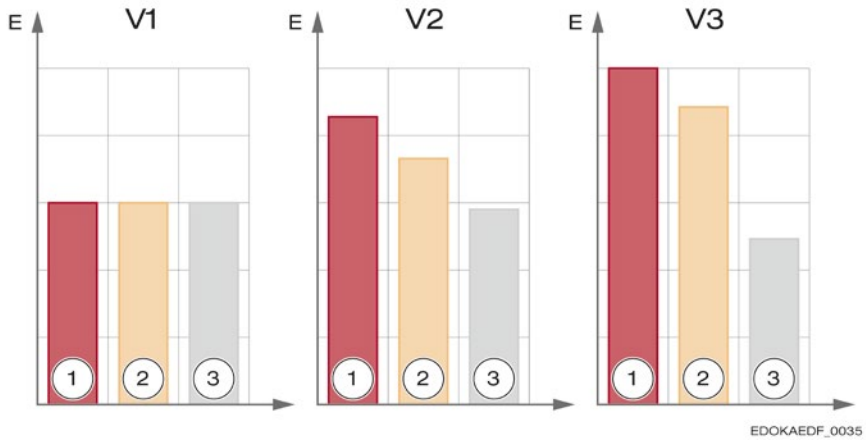
Bezüglich der Steifigkeit bei Belastung mit Kräften und Momenten erzielen lange Führungswagen (Bauform B, D und G) aufgrund der großen Anzahl tragender Wälzkörper die besten Werte.
Der Führungswagenquerschnitt spielt eine deutlich geringere Rolle, zumal die Führungswagensteifigkeit im angeschraubten Zustand zu einem erheblichen Teil von der Umgebungskonstruktion erzeugt wird. Hierbei ist es wichtig insbesondere bei Zugbelastung eine steife Verbindung zwischen dem Führungswagengrundkörper und der Umgebungskonstruktion zu erreichen. SCHNEEBERGER bietet für alle Führungswagenbauformen 6 Befestigungsbohrungen an. Dadurch wird eine wesenlich steifere Verbindung als bei 4 Befestigungsschrauben erzielt.
Bei Seitenbelastung sind die Bauformen A und B zu bevorzugen, da durch die Flanschbauform eine bessere Seitensteifigkeit gegeben ist.

Genauigkeit

Wenn eine hohe Ablaufgenauigkeit erzielt werden soll, oder beim Einsatz von mehrteiligen Führungsschienen, empfehlen wir die Verwendung von langen Führungswagenbauformen B, D und G, da diese eine geringere Hubpulsation aufweisen als kurze A, C und F und Welligkeiten in der Führungsschiene, z. B. aufgrund von Verformungen durch die Schraubenkräfte oder Toleranzen an den Stoßübergänge, besser ausgleichen.
Kurze Führungswagenbauformen sind vorzuziehen, wenn zum Ausgleich von Ungenauigkeiten in der Anschlusskonstruktion eine größere Nachgiebigkeit und Toleranz gegenüber Winkelfehlern erforderlich ist.

4.5.1 Definition und Zweck

SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen werden vorgespannt, um bei Belastung eine spielfreie Bewegung zu ermöglichen und um die Steifigkeit der Führung zu erhöhen. Gleichzeitig hat die Vorspannung auch Auswirkungen auf die Lebensdauer, den Verschiebewiderstand und das Schwingungsverhalten des Systems.
Die Vorspannung wird im Führungswagen durch die Verwendung von Wälzkörpern mit Übermaß erzeugt, wodurch der Stahlkörper des Führungswagens elastisch aufgebogen wird. Die dadurch entstehende Rückstellkraft entspricht der Vorspannkraft. Die Vorspannung wird dabei als prozentualer Anteil der dynamischen Tragzahl C angegeben.



Auswirkungen E der jeweiligen Vorspannung der Führungen auf
1 Steifigkeit
2 Verschiebewiderstand
3 Lebensdauer

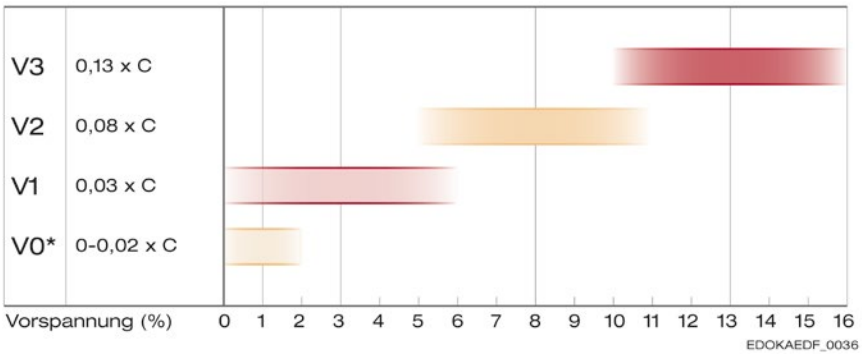
Einfluss der Steifigkeit auf das Schwingungsverhalten der Führung

Die Amplitude eines gering gedämpften Systems hängt vom Verhältnis der Erregerfrequenz zur Eigenfrequenz ab. Eine höhere Steifigkeit erhöht die Eigenfrequenz und verringert die statische Auslenkung. In Werkzeugmaschinen wird eine hohe Eigenfrequenz angestrebt, damit für die vorgegebene Anregungskraft und Erregerfrequenz die Amplitudenvergrösserung möglichst klein bleibt.
Konsequenz: Verwendung von Rollenführungen mit hoher Vorspannklasse.

4.5.2 Vorspannklassen

SCHNEEBERGER bietet für unterschiedliche Anforderungen insgesamt vier verschiedene Vorspannklassen im Bereich von 0 - 13 % der dynamischen Tragzahl C an. Die Toleranz der Vorspannklassen beträgt ± 3 % von C. Die Werte der nachfolgenden Tabelle sind im SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS zu finden.

Vorspannklassen



Anmerkung: * V0 nur für BM Führungen erhältlich.

4.5.3 Anwendungsbereiche

Die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen der Baureihe MONORAIL MR mit Rolle sind in den drei Vorspannklassen V1, V2 und V3 mit leichter, mittlerer und hoher Vorspannung erhältlich.
Für MONORAIL BM mit Kugel ist zusätzlich die Vorspannklasse V0 verfügbar. Bei dieser Klasse kann die Vorspannung zwischen sehr leichter Vorspannung und geringem Spiel variieren.
Die nachfolgende Tabelle zeigt die typischen Einsatzbereiche:

Darstellungen der Profilschienen



Vorspannklasse: V0

Einsatzbedingungen:
- Sehr leichtgängige Führungen für gleichmäßige Belastung
- geringste Vibrationen

Anwendungsbeispiele:
- Manuelle Achsen
- Kleine Achsen und Tischsysteme für: Elektronik/Reinraum/Medizintechnik
- Hilfsachsen
- Linearmotorachsen



Vorspannklasse: V1

Einsatzbedingungen:
- Leichtgängige Führungen für gleichmäßige Belastung
- leichte Vibrationen

Anwendungsbeispiele:
- Handlingachsen
- Robotik
- Messsysteme
- Laboreinrichtungen
- Neben- und Hilfsachsen



Vorspannklasse: V2

Einsatzbedingungen:
- Hohe Steifigkeit
- Mittlere wechselnde Belastungen und Vibrationen

Anwendungsbeispiele:
- Werkzeugmaschinen mit kleiner Zerspanleistung
- Schleifmaschinen
- Maschinen für die Holzbearbeitung
- Wasserstrahlanlagen
- Laserschneidanlagen
- Erodiermaschinen



Vorspannklasse: V3

Einsatzbedingungen:
- Höchste Steifigkeit
- Hohe Stoßbelastungen und Vibrationen
- Stark wechselnde, hohe Belastungen und Momente

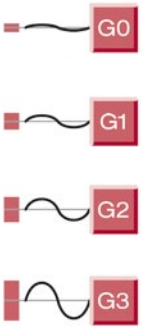
Anwendungsbeispiele:
- Spanende Werkzeugmaschinen mit hoher Zerspanleistung
- Umformmaschinen
- Fräszentren
- Drehmaschinen
- Bohrmaschinen

Wirksamkeit der Vorspannung

Bei äusseren Belastungen, die kleiner als 3 mal Vorspannkraft sind, bleibt die Vorspannung bei Belastung erhalten. Das bedeutet eine hohe Steifigkeit des Systems. Übersteigt die äussere Kraft den Wert der Vorspannung, verringert sich die Steifigkeit. Deshalb ist bei Auslegung darauf zu achten im Bereich der wirksamen Vorspannkraft zu bleiben, wenn ein Bedarf an hoher Steifigkeit vorliegt.

4.6.1 Genauigkeitsklassen

SCHNEEBERGER bietet für die MONORAIL-Führungen insgesamt vier verschiedene Genauigkeitsklassen an. Diese ermöglichen eine präzise, anwendungsgerechte Auswahl der Führungen auf die Bedürfnisse der Konstruktion.



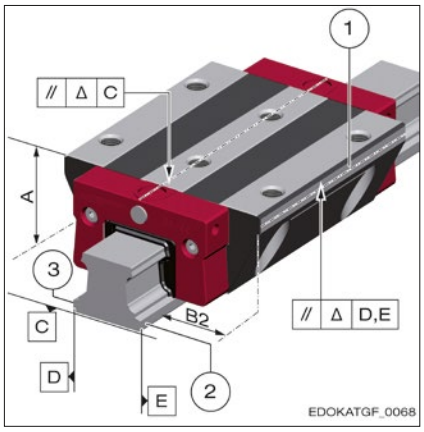
Hoch genau

Sehr genau

Genau

Standard

Die Genauigkeitsklassen bestimmen sowohl die Toleranzen der Bezugsmaße der Führungswagen zur Führungsschiene, siehe hierzu nachfolgendes Bild und Kapitel 4.6.2 - Genauigkeit - Maßtoleranzen, als auch die Ablaufgenauigkeit der Führungswagen auf den Führungsschienen gemäß Kapitel 1.6.3 - Genauigkeit - Ablaufgenauigkeit.



Toleranzen der Bezugsmaße der Führungswagen zur Führungsschiene

1 Anschlagseite Führungswagen
2 Anschlagseite Führungsschiene
3 Beschriftungsseite Führungsschiene

A Systemhöhe
B2 Abstand Anschlagseite Führungswagen zu Anschlagseite Führungsschiene

Anwendungsgebiete



Genauigkeitsklasse:
– Hoch genau
Anwendungsbeispiele:
– Messmaschinen,
– Abrichteinheiten



Genauigkeitsklasse:
– Sehr genau
Anwendungsbeispiele:
– Messmaschinen,
– Abrichteinheiten,
– CNC-Maschinen,
– CNC-Bearbeitungszentren



Genauigkeitsklasse:
– Genau
Anwendungsbeispiele:
– CNC-Maschinen,
– CNC-Bearbeitungszentren,
– Handling, Robotik, Hilfsachsen

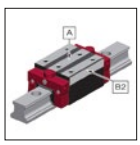
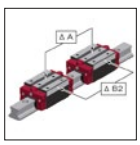
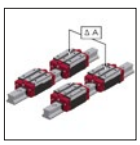


Genauigkeitsklasse:
– Standard
Anwendungsbeispiele:
– Handling, Robotik, Hilfsachsen

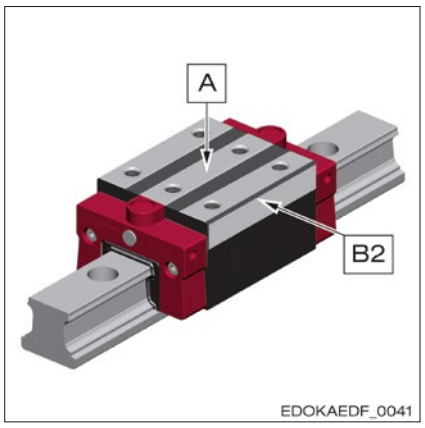
4.6.2 Maßtoleranzen

Systemmaße A und B2

MONORAIL Führungswagen und Führungsschienen werden unabhängig voneinander mit hoher Präzision gefertigt und lassen sich daher untereinander beliebig austauschen. Das bedeutet, dass auf einer Führungsschiene jeder beliebige Führungswagen und umgekehrt jeder Führungswagen auf jeder beliebigen Führungsschiene gleicher Baugröße eingesetzt werden kann und zwar ohne Einfluss auf die Vorspannklasse, da die Vorspannung durch die entsprechenden Wälzkörper im Führungswagen erzeugt wird.
Für die Maßunterschiede zwischen beliebigen Führungswagen auf einer beliebigen Führungsschiene gelten die Werte aus Spalte „A/B2" gemäß nachstehender Tabelle:

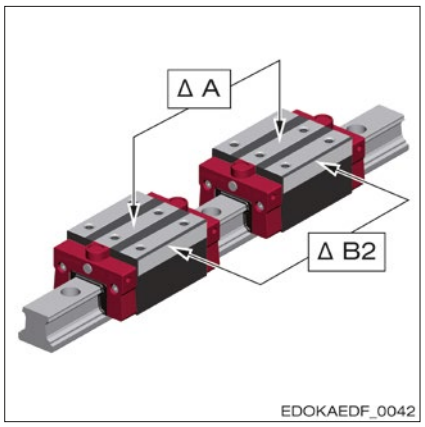




Genauigkeitsklasse	A / B2	ΔA / ΔB2	ΔA Standard
G0	± 5 µm	3 µm	10 µm
G1	± 10 µm	5 µm	20 µm
G2	± 20 µm	7 µm	40 µm
G3	± 50 µm	25 µm	60 µm



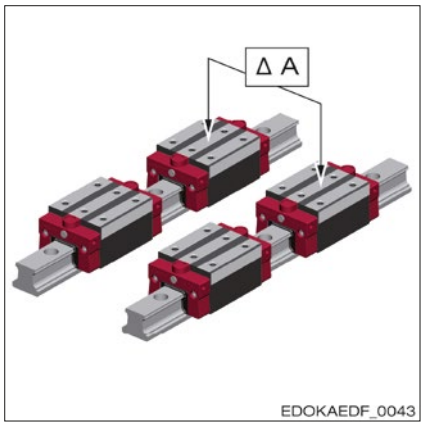
Toleranzen der Maße von beliebigen Führungswagen und beliebigen Führungsschienen:
– A/B2

Messposition:
– Gemessen in Führungswagenmitte und beliebiger Führungsschienenposition
– Werte nur gültig bis 1 m Schienenlänge



Maximaler Maßunterschied zwischen den Führungswagen einer Führungsschiene:
– ΔA/ΔB2

Messposition:
– Gemessen in Führungswagenmitte und jeweils gleicher Führungsschienenposition
– Für Kugelprodukte und einzeln gelieferte Produkte verdoppeln sich die Werte



Maximaler Maßunterschied der Führungswagen zweier oder mehr paralleler Führungsschienen, Standard:
– ΔA Standard

Messposition:
– Gemessen in Führungswagenmitte und jeweils gleicher Führungsschienenposition

Gepaarte Führungswagen
Alle Führungswagen eines Satzes werden gemeinsam auf einem Produktionsnormal hintereinander montiert und auf der Oberseite sowie auf der seitlichen Anschlagfläche überschliffen. Anschließend werden die Hauptmaße A und B2 auf einer Prüfschiene gemessen, um danach die Führungswagen zueinander zu paaren. Die Führungswagenpaarung ist in zwei Qualitäten lieferbar.

Paarung Wagen	Maximaler Maßunterschied aller Wagen die zu einer Paarung gehören
Ausführung	**ΔA / ΔB2**
SLWGP0	3 µm
SLWGP1	5 µm

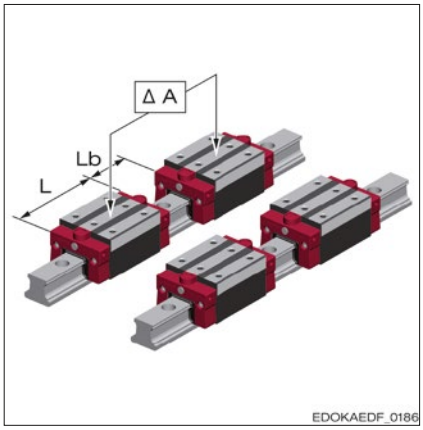
Gepaarte Führungsschienen
Bei den „gepaarten Führungsschienen" werden aus den Datenbeständen passende Führungsschienen mit ähnlichem Ablauf ausgesucht. Das Kriterium des Selektionsprozesses ist der maximale Unterschied im Ablauf über die Führungsschienenlänge,

die so genannte Paarungstoleranz. Die Spanne aller Ablaufprotokolle liegt bei gepaarten Führungsschienen innerhalb dieser Toleranz. Die Führungsschienenpaarung ist in vier Qualitäten lieferbar.

Paarung Führungsschiene	Paarungstoleranz
Ausführung	
SLSGP0	5 µm
SLSGP1	10 µm
SLSGP2	15 µm
SLSGP3	20 µm

Eingeschränkte Toleranz für ΔA

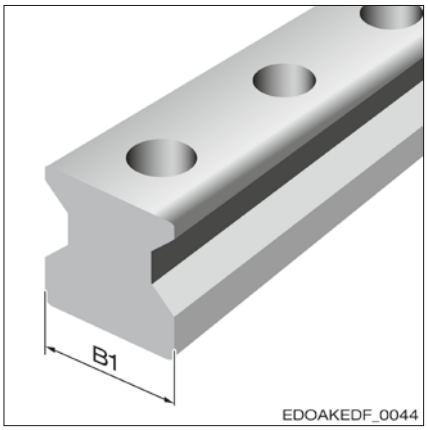
Eingeschränkte Toleranz für ΔA bei Führungswagen die nahe beieinander auf einer Führungsschiene verbaut werden oder bei nahe nebeneinender liegenden Führungsschienen. Bei sehr steifer Anschlusskonstruktion gilt zur Vermeidung von Lebensdauereinbußen:
bei Lb < L gilt ΔA ≤ 5 µm



Eingeschränkte Toleranz für Führungswagen die nahe beieinander auf einer Führungsschiene verbaut werden

L Länge Führungswagen
Lb Abstand zwischen zwei Führungswagen
ΔA Maßabweichung der Systemhöhe

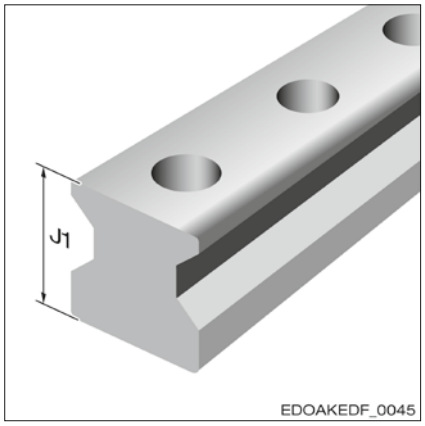
Schienenbreite B1



Maße von Führungsschienen und Führungswagen

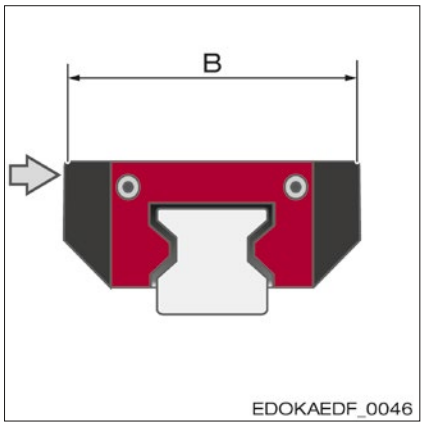
Toleranzen:
– Standard; ± 0,05 mm

Schienenhöhe J1



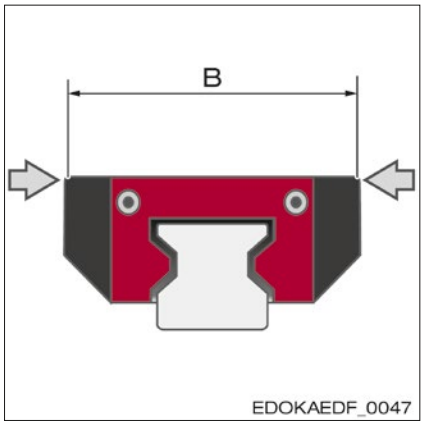
Toleranzen:
– Standard/MAC/BAC; ± 0,05 mm

Wagenbreite B



Toleranzen:
Standardanschlag MR: 0/-0,3 mm

Standardanschlag BM: 0/-0,4 mm

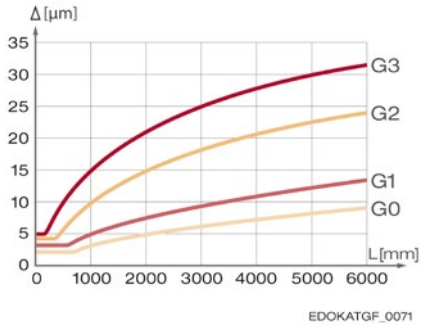


Toleranzen:
Doppelanschlag MR:
Nennmaß -0,3 ±0,05 mm;

Doppelanschlag BM:
Nennmaß -0,3 ±0,05 mm

4.6.3 Ablaufgenauigkeit

Die Ablaufgenauigkeit beschreibt die vertikalen und horizontalen Parallelitätsabweichungen der Führungswagen bei ihrer Bewegung über die Führungsschiene. Sie kann im Rahmen der Toleranz (vertikal XTZ und horizontal XTY) einen linearen oder wellenförmigen Verlauf haben. Die Höhe der Toleranz bezogen auf Führungswagenmitte wird bestimmt aus dem folgenden Diagramm in Abhängigkeit von Führungsschienenlänge und Genauigkeitsklasse.



SCHNEEBERGER Genauigkeitsklassen G0-G3
Die Führungsschienenlänge l (mm) gegen die maximale zulässige Ab-weichung Δ (µm) aufgetragen.

Ablesebeispiel:
Für eine Führungsschienenlänge L3 = 2000 mm ergibt sich bei G2 eine zulässige Toleranz von 0,015 mm.

4.7.1 Auswahlkriterien

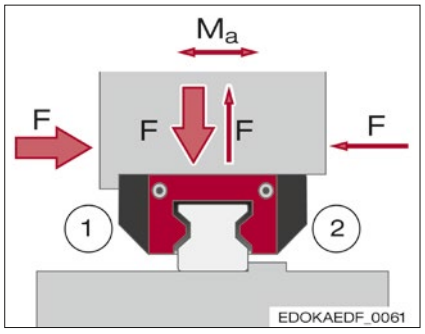
Die Einbauart beschreibt die Lage und Anordnung der einzelnen Führungsschienen zueinander in einem Führungssystem. Bei der Wahl der Einbauvariante müssen verschiedene Kriterien beachtet werden. Zu diesen zählen:

- Art der Anwendung
- Auftretende Kräften und Momente
- Genauigkeitsanforderungen
- Steifigkeitsanforderungen
- Betriebsbedingungen, z. B. Verschmutzung
- Art der Schmierung
- Verfügbarer Bauraum
- Montageaufwand
- Betrachtung der in den Bauteilen auftregenden Termperaturänderungen und damit verbundenen Zusatzkräften
- Betrachtung der an Achsen angewandten Schraubenbindungen
- Betrachtung einer zusätzlichen Absturzsicherung bei hängenden Achsen

Grundsätzlich sollten die Führungen so angeordnet werden, dass die auftretenden Kräfte möglichst gleichmäßig auf die Führungswagen verteilt werden und die Hauptbelastung in Zug-/Druckrichtung wirkt. Dies hat den Vorteil, dass die Kräfte direkt von der Führung aufgenommen und über die Befestigungsschrauben in die Umgebungskonstruktion abgeleitet werden können. Hohe Seitenkräfte verursachen teilweise Momente auf die Führung und können nur von zusätzlichen Anschlagflächen in der Anschlusskonstruktion übertragen werden, was zusätzliche Kosten verursacht. Eine horizontale oder vertikale Anordnung der Führungen ist hinsichtlich Schmierung und Schutz der Führung anderen Anordnungen vorzuziehen. Hinsichtlich der Montage und Führungsgenauigkeit ist eine Anordnung aller Führungsschienen in nur einer Ebene zu empfehlen.

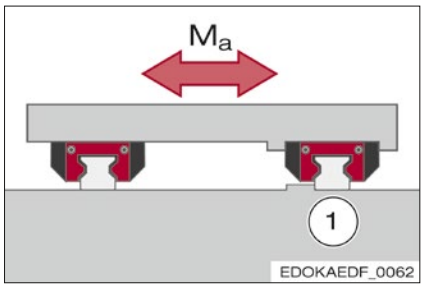
4.7.2 Einbauvarianten

Nachfolgend werden einige typische Einbauarten mit ihren jeweiligen Merkmalen und Eigenschaften aufgezeigt.
Bei den meisten Beispielen handelt es sich um Varianten mit zwei Führungsschienen und jeweils zwei Führungswagen, da diese in der Praxis am häufigsten vorkommen. Die Anschraubrichtung von Führungsschienen und Führungswagen sowie die Art der seitlichen Fixierung wurden in die Beispiele nicht mit einbezogen. Diese Themen werden in den Kapiteln 4.9 - Befestigung Führungsschiene, 4.11 - Befestigung Führungswagen und 4.12 - Gestaltung der Anschlusskonstruktion näher beleuchtet.

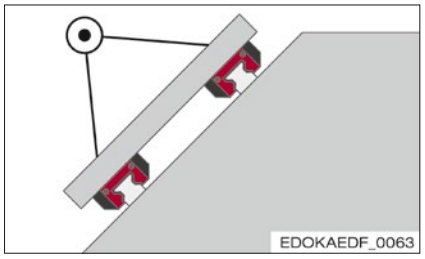


Beschreibung:

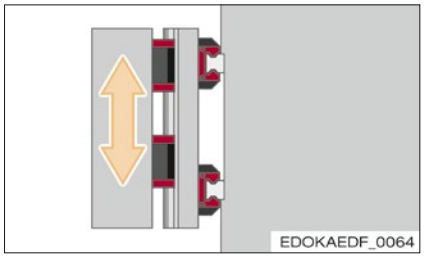
- Eine Führungsschiene mit einem oder zwei Führungswagen
- Horizontaler Einbau
- Geringe Momentenbelastbarkeit M_a
- Manuelle und Hilfsachsen mit geringer Belastung
- Einfaches Ausrichten
- Hohe Seitenkraftaufnahme gegen Anschlagfläche (1)
- Geringe Seitenkraftaufnahme gegen Gegenanschlagfläche (2)



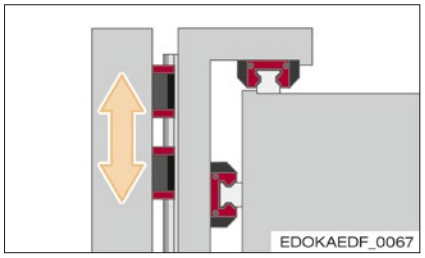
Beschreibung:
- Zwei Führungsschienen mit jeweils zwei Führungswagen
- Horizontaler Einbau
- Einfache Montage
- Hohe Genauigkeit
- Achsen aller Art, Fahrständer
- Einfaches Ausrichten über Referenzschiene (1)
- Hohe Momentenbelastbarkeit M_a



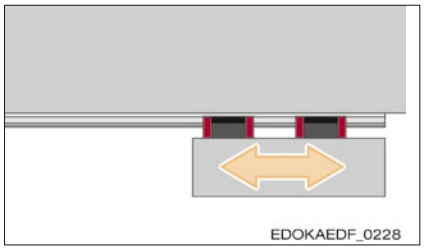
Beschreibung:
- Schräger Einbau, z. B. 45° um Längsachse geneigt
- Hohe Kraftaufnahme unter Neigungswinkel
- Getrennte Schmierung bei Öl
- Schiene verschmutzungsanfällig (evtl. abdecken)
- Schrägbettdrehmaschine
- Schmutz und Kühlschmierstoffansammlung im oberen Prisma:
  - Besondere Abdeckung erforderlich
  - Ablaufbohrung/-Nut vorsehen



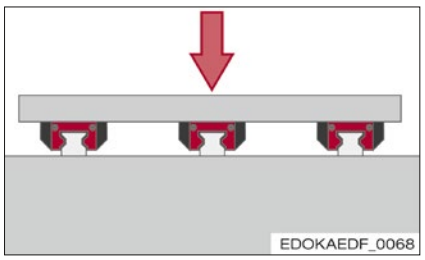
Beschreibung:
- Hängender Einbau, um 90° geneigt (Wandmontage)
- Hohe horizontale Kraftaufnahme
- Getrennte Schmierung bei Öl
- Schiene verschmutzungsanfällig
- Drehmaschinen, Querschlitten von BAZ
- Schmutz und Kühlschmierstoffansammlung im oberen Prisma:
  - Besondere Abdeckung erforderlich
  - Ablaufbohrung/-Nut vorsehen



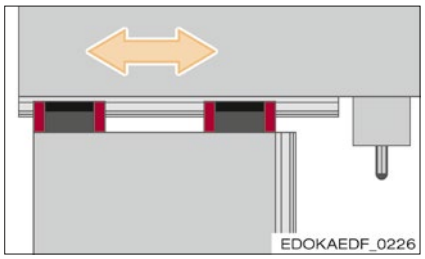
Beschreibung:
- Horizontaler Einbau, Führungsschienen um 90° versetzt
- Hohe Momentensteifigkeit
- Aufwendige Montage
- Querschlitten von Portalmaschinen
- Hohe Anforderung an Genauigkeit der Montageflächen



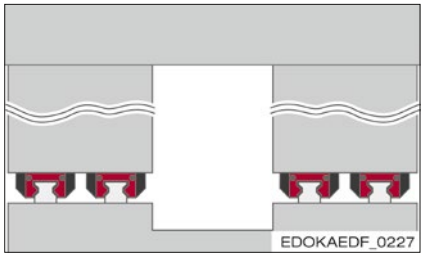
Beschreibung:
- Einbau um 180° gedreht, hängende Achse
- Verringerte Steifigkeit auf Grund von Zugbelastung
- Führungswagen sind verschmutzungsanfällig
- Erhöhte statische Tragsicherheit erforderlich
- Absturzsicherung vorsehen
- Schraubenbelastung nachrechnen



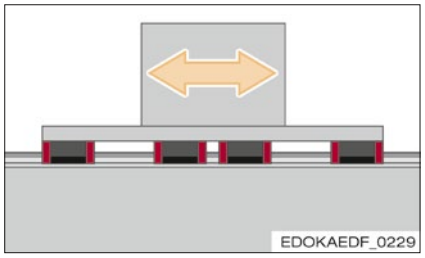
Beschreibung:
- Horizontaler Einbau
- Mehrere Führungsschienen nebeneinander mit jeweils drei oder mehr Führungswagen (Führungswagenhöhen müssen in engen Toleranzen sein.)
- Hohe vertikale Kraftaufnahme und Steifigkeit
- Maschinentische für sehr hohe Kräfte
- Große Abstände zwischen äußeren Schienen
- Unterstützung der Platte gegen Durchbiegung



Beschreibung:
- Führungsschienen um 180° gedreht mit feststehenden Führungswagen
- Horizontaler Einbau (Schiene ragt in Bearbeitungsraum und kann durch Späne beschädigt werden. Abhilfe: harte Führungsschienenoberfläche)
- Für auskragende Achsen und Tragbalken
- Horizontale Fräs-/Bohrmaschinen, Erodiermaschinen
- Führungswagen anfällig gegen Verschmutzung



Beschreibung:
- Je 2 Führungsschienen und Führungswagen nahe beieinander montieren
- Hohe Kraftaufnahme vertikal
- Portalmaschinen
- Aufgrund von steifer Umgebungskonstruktion Führungswagen in hoher Genauigkeitsklasse und/oder gepaarte Ausführung einsetzen



Beschreibung:
- Mittlere Führungswagen sehr nahe unter Hauptkraft angeordnet, Verbindungsplatte nicht steif genug
- Äußere Führungswagen weden aufgrund von Plattendurchbiegung zusätzlich belastet. Abhilfe: steife Verbindungsplatte
- Für schwere Werkzeugmaschinen
- Führungswagen in hoher Genauigkeitsklasse und/oder gepaarte Ausführung einsetzen
- Horizontaler Einbau



Vorsicht

Führungswagen können sich von der Führungsschiene lösen

➡ Die Führungswagen können sich von der Führungsschiene lösen, deshalb muss bei jeder Einbaulage eine zusätzliche Sicherung des Führungswagens z. B. in Form eines Sicherungsbügels um die Führungsschiene angebracht werden um ein Ablösen zu verhindern.

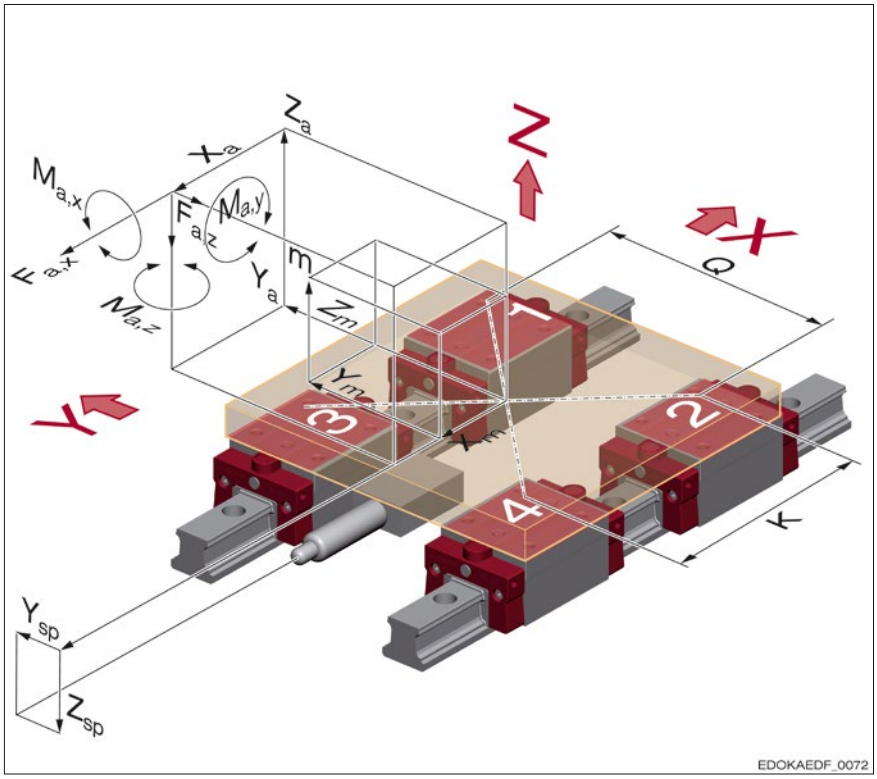
Durch den Anwender sind entsprechende konstruktive und sicherheitstechische Maßnahmen zu ergreifen die ein Trennen von Führungswagen und Führungsschiene im Fehlerfall (z. B: durch Wälzkörperverlust) verhindern. Eine mögliche Variante einer konstruktiven Maßnahme ist ein Sicherungsbügel um die Führungsschiene. Darüber hinaus sind die Vorgaben der Berufsgenossenschaften, der einschlägigen Richtlinien und Normen für den jeweiligen Anwendungsfall zu beachten.

4.8.1 Grundlagen

Die Ansprüche an die Genauigkeiten, Oberflächengüten und kurze Bearbeitungszeiten nehmen laufend zu. Deshalb werden die Wälzführungen im modernen Maschinenbau immer häufiger nach der zulässigen elastischen Deformation bestimmt.
Für die Dimensionierung von Wälzführungen ergeben sich daraus folgende Schritte:

- Bestimmen der äußeren Kräfte und Momente
- Verteilung der Kräfte und Momente auf die einzelnen Führungswagen
- Bestimmen der Vorspannung und der Deformation
- Berechnung der Lebensdauer
- Berechnung der statischen Tragsicherheit

Die Lebensdauer kann sowohl durch Werkstoffermüdung als auch durch Beschädigung der Laufflächen aufgrund von Umgebungseinflüssen begrenzt werden.
Die Überrollungen der Oberflächen führen zu einer Werkstoffermüdung und damit zu einer Beschädigung der Laufbahn und der Wälzkörper (Pitting-Bildung). Ist die Kraft auf die Wälzflächen bekannt, kann die Ermüdungslebensdauer nach DIN ISO 281 bzw. DIN 636 berechnet werden.
Der Verschleiß der Laufflächen wird vor allem durch die Schmierung, durch Verschmutzung, die Flächenpressung und durch die Größe von Relativbewegungen der belasteten Oberflächen bestimmt.
Die errechnete Lebensdauer kann sich durch weitere Ausfallrisiken oder andere Aspekte, die die Gewährleistung aufheben, reduzieren.



Äußere Kräfte und Momente:

m	Masse
$F_{a,x}$	äußere Kraft in x-Richtung
$F_{a,z}$	äußere Kraft in z-Richtung
Q	Querabstand System
K	Wagenlängsabstand
X_a	Kraftangriffskoordinate in x-Richtung
Y_a	Kraftangriffskoordinate in y-Richtung
Z_a	Kraftangriffskoordinate in z-Richtung
X_m	Massenmittelpunktskoordinate in x-Richtung
Y_m	Massenmittelpunktskoordinate in y-Richtung
Z_m	Massenmittelpunktskoordinate in z-Richtung
$M_{a,x}$	äußeres Moment um x-Achse
$M_{a,y}$	äußeres Moment um y-Achse
$M_{a,z}$	äußeres Moment um z-Achse
Y_{sp}	Kraftangriffspunkt des Längsantriebes in y-Richtung
Z_{sp}	Kraftangriffspunkt des Längsantriebes in z-Richtung

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Ermittlung der Ermüdungslebensdauer beschrieben. Für die Verschleißlebensdauer gibt es aufgrund nicht bestimmbarer Einflussgrößen noch kein einheitliches Berechnungsverfahren.

4.8.2 Berechnung der Lebensdauer

Bestimmen der äußeren Kräfte und Momente

Die auf das Führungssystem einwirkenden äußeren Kräfte sind bestimmt durch die Kraftkomponenten F_{ax}, F_{ay} und F_{az} mit den Kraftangriffskoordinaten X_a, Y_a und Z_a. Eine Masse m mit den Beschleunigungkomponenten a_x, a_y und a_z führt zu einer Belastung des Führungssystems durch die Massenkraftkomponenten Fmx, Fmy und Fmz, die an den Massenmittelpunktskoordinaten Xm, Ym und Zm angreifen.

$$F_{mx} = m \cdot -a_x$$

$$F_{my} = m \cdot -a_y$$

$$F_{mz} = m \cdot -a_z$$

EDOKAEDF_0073

F_{mx}	Massenkraft in x-Richtung
F_{my}	Massenkraft in y-Richtung
F_{mz}	Massenkraft in z-Richtung
m	Masse
a_x	Beschleunigung in x-Richtung
a_y	Beschleunigung in y-Richtung
a_z	Beschleunigung in z-Richtung

Die quer zur Tischlängsachse wirkenden Kräfte **Σ**Fy, **Σ**Fz werden direkt durch das Führungssystem aufgenommen, die Kräfte in Längsrichtung **Σ**Fx werden vom Antrieb übertragen.
Zusätzlich können noch äußere Momente M_{ax}, M_{ay} und M_{az} einwirken. Die äußeren Kräfte F_{ax}, F_{ay} und F_{az} und die Massenkräfte Fmx, Fmy und Fmz führen in Verbindung mit ihren entsprechenden Angriffspunkten ebenfalls zu Momenten. Der Kraftangriffspunkt des Längsantriebes Y_{sp} und Z_{sp} beeinflusst die Größe der Momente auf das Führungssystem.

Verteilung der Kräfte und Momente auf die einzelnen MONORAIL Führungswagen

Zur Berechnung der Seitenkräfte F_{jy} und Zug-Druck-Kräfte F_{jz} auf jeden der Führungswagen (j = 1...n) ist der Führungswagen-Längsabstand K und Führungswagen-Querabstand (Spurweite) Q erforderlich. Außerdem ist die konstruktive Anordnung von Führungswagen und Führungsschiene in den Achsen zu berücksichtigen.

Bestimmen der Vorspannung und der Deformation

Die Einsatzbedingungen sowie die Anforderungen an die Steifigkeit der Maschinenführung bestimmen die Vorspannklasse der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen. Die Vorspannung V1, V2 oder V3 erhöht nicht nur die Steifigkeit, sondern belastet, solange die Vorspannung wirksam ist, zusätzlich die Wälzflächen. Details zu den verschiedenen Vorspannklassen siehe Kapitel 4.5 - Vorspannung.
Die auf die MONORAIL wirkenden äußeren Kräfte führen zu Verlagerungen der Führungswagen.
Steifigkeitsdiagramme mit den bauform- und größenabhängigen Einfederungswerten für Zug- und Druckbelastung finden Sie im SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.

Einflussgrößen für die Berechnung der Lebensdauer

Einflussgrößen auf die Lebensdauer sind die auf die MONORAIL Führungswagen wirkenden Kräfte, die gewählte Vorspannung, die dynamische Tragzahl und die Erlebenswahrscheinlichkeit.
Treten auf dem ganzen Verfahrweg konstante Kräfte auf, so wird die Lebensdauer mit der äquivalenten Kraft P gerechnet. Sind hingegen unterschiedliche Kräfte zu erwarten, ist mit der dynamisch äquivalenten Kraft P_j zu rechnen.

Dynamisch äquivalente Kraft P

Für die Lebensdauerberechnung wird die dynamisch äquivalente Kraft P_j für jeden MONORAIL Führungswagen (j = 1...n) benötigt. Die Beträge der auf die Führungswagen wirkenden Kraftkomponenten F_{jy} und F_{jz} werden algebraisch zur effektiven Kraft F_j addiert:

$$F_j = |F_{jY}| + |F_{jZ}|$$

EDOKAEDF_0185

F_j effektive Kraft (N)
F_{jy} effektive Kraft (N) in y-Richtung
F_{jz} effektive Kraft (N) in z-Richtung

Bei Anwendungen, bei denen die MONORAIL Führungswagen kombinierten Belastungen aus Kräften und Momenten unterliegen, z. B. bei Einzelwagen oder bei Systemen mit nur einer Führungsschiene, wird die dynamisch äquivalente Kraft P_j nach folgender Formel ermittelt.

$$F_j = |F_{jy}| + |F_{jz}| + C \cdot |M_j| / M_{QL}$$

EDOKAEDF_0074

C dynamische Tragzahl (N)
F_j effektive Kraft (N)
F_{jy} effektive Kraft (N) in y-Richtung
F_{jz} effektive Kraft (N) in z-Richtung
M_j dynamisches Moment (Nm)
M_{QL} zulässiges dynamisches Längs- bzw. Quermoment (Nm)

Die real auf die Wälzflächen wirkende dynamisch äquivalente Kraft P_j kann dann bei konstanter Belastung näherungsweise mit folgender Formel berechnet werden:

$$P_j = F_{vsp} + 2 / 3 \cdot F_j$$

für $F_j \leq 3 \cdot F_{vsp}$

$$P_j = F_j$$

für $F_j > 3 \cdot F_{vsp}$

EDOKAEDF_0075

F_j effektive Kraft je Teilweg Lk (N)
F_{vsp} Vorspannkraft (N)
P_j dynamisch äquivalente Kraft (N)

Ist die Kraft P nicht konstant, kann die dynamisch äquivalente Kraft Pj bei stufenförmiger Belastung für jeden MONORAIL Führungswagen nach folgender Formel ermittelt werden (für jeden Teilweg lk ist die entsprechende Kraft Pjk konstant):

$$P_j = \sqrt[q]{\frac{\sum_{k=1}^{n} (P_{jk}^{\,q} \cdot l_k)}{\sum_{k=1}^{n} l_k}}$$

EDOKAEDF_0187

P_j dynamisch äquivalente Kraft (N)
P_{jk} dynamisch äquivalente Kraft (N) pro Teilweg l_k, k = 1...n
l_k Teilweg (m), k = 1...n
q Exponent für die Lebensdauerberechnung
= 10/3 bei Rolle
= 3 bei Kugel

Dynamische Tragzahl C

Die Tragzahlen für Wälzführungen basieren auf den Grundlagen, wie sie von ISO für die Wälzlagerberechnung festgelgt wurden (DIN ISO 281).
Die dynamische Tragzahl C ist die Belastung, bei der eine Linearführung eine nominelle Lebensdauer von 100 000 m (100 km) Verfahrweg ergibt, sofern die Belastung nach Größe und Richtung unveränderlich ist und die Wirkungslinie senkrecht auf der Wälzlagereinheit wirkt.

Tragzahlvergleich

Andere Hersteller geben die Tragzahlen auf einen Verfahrweg von 50 000 m (50 km) an. Diese Werte nach JIS Standard liegen deutlich über den Werten nach DIN ISO. Die Umrechnung der Tragzahlen erfolgt nach folgender Formel:

$$C_{50} = 1{,}23 \cdot C_{100}$$ für Rollen-Führungen

$$C_{50} = 1{,}26 \cdot C_{100}$$ für Kugel-Führungen

EDOKATGF_0051

Erlebens-Wahrscheinlichkeit

Nach DIN ISO werden die Tragfähigkeiten für Wälzlager so angegeben, dass aus der Lebensdauergleichung ein Wert resultiert, der mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit überschritten wird. Falls diese Wahrscheinlichkeit nicht genügt, müssen die Lebensdauer-Werte mit einem Faktor a1 gemäß unten stehender Tabelle reduziert werden:

Erlebnis-wahrscheinlichkeit (%)	90	95	96	97	98	99		
a1	1	0,62	0,53	0,44	0,33	0,21		

Lebensdauer-Berechnung

Für eine äquivalente Kraft P (N) beträgt mit einer dynamischen Tragzahl C (N) die rechnerische nominelle Lebensdauer L_{nom}:

$$L_{nom} = a_1 \cdot (C / P)^q \cdot 100km$$

EDOKATGF_0057

L_{nom}	nominelle Lebensdauer (km)
C	dynamische Tragzahl
P	äquivalente Kraft
a1	Lebensdauerbeiwert
q	Exponent für die Lebensdauerberechnung = 10/3 bei Rolle = 3 bei Kugel

$$L_{nom,\,h} = L_{nom} / (2 \cdot s \cdot n \cdot 60) = L_{nom} / (60 \cdot v_m)$$

EDOKATGF_0084

$L_{nom,\,h}$	nominelle Lebensdauer (h)
L_{nom}	nominelle Lebensdauer (m)
v_m	mittlere Geschwindigkeit (m/min)
s	Hublänge (m)
n	Hubfrequenz (min^{-1})



Hinweis

➡ Bei Kurzhubanwendungen mit einem Hub, der kleiner oder gleich dem zweifachen Wälzkörperdurchmesser ist, muss die errechnete Lebensdauer reduziert werden.

4.8.3 Berechnung der statischen Tragsicherheit S_0

Die statische Tragsicherheit S_0 ist die Sicherheit gegen unzulässige bleibende Verformungen an Wälzkörpern und Laufbahnen und ist als Verhältnis von statischer Tragzahl C_0 zu statisch äquivalenter Kraft P_0 definiert.

$$S_0 = C_0 / P_0$$

EDOKATGF_0052

S_0 statische Tragsicherheit
C_0 statische Tragzahl
P_0 statisch äquivalente Kraft

$$P_0 = |F_{0y}| + |F_{0z}| + C_0 \cdot |M_0| / M_{0QL}$$

EDOKATGF_0080

C_0 statische Tragzahl
F_{0y} äußere statische Kräfte (N)
F_{0z} äußere statische Kräfte (N)
P_0 statisch äquivalente Kraft
M_{0QL} zulässiges statisches Längs- bzw. Quermoment (Nm)
M_0 statische Momentenbelastung (Nm)

Für P0 ist die tatsächlich auf die Wälzflächen wirkende Kraft zu berücksichtigen. Maßgebend für eine Deformation der Wälzflächen ist die höchste Amplitude, die auch nur sehr kurzfristig auftreten kann.
Wir empfehlen für die statische Tragsicherheit S0 je nach Anforderung und Einsatzbedingungen folgende Mindestwerte einzuhalten:

Einsatzbedingungen	S_0
Überkopf hängende Anordnungen, Anwendungen mit hohem Gefährdungspotential	≥ 12
Hohe dynamische Beanspruchung, hohe Stoßbelastungen und Vibrationen	8 - 12
Normale Auslegung von Maschinen und Anlagen, nicht alle Belastungsparameter vollständig bekannt, mittlere wechselnde Belastungen und Vibrationen	5 - 8
Alle Belastungsdaten vollständig bekannt, gleichmäßige Belastung und leichte Vibrationen	3 - 5

4.8.4 Berechnungsprogramm für die Dimensionierung der MONORAIL

Die Berechnung der Lebensdauer, der Tragsicherheit und vor allem der Verlagerung unter kombinierter Belastung von Hand ist sehr aufwändig und nur für einfache Anwendungen durchführbar. Deshalb bietet SCHNEEBERGER als Service die Durchführung dieser Berechnungen mit Hilfe eines Computerprogrammes an.

Ziel und Zweck des MONORAIL-Berechnungsprogramms

Das computergestützte Berechnungsprogramms zur MONORAIL-Auslegung dient zur Bestimmung der:

- Erforderlichen MONORAIL-Baugröße
- Der optimalen Vorspannung
- Statischen Tragsicherheit
- Nominellen Lebensdauer
- Elastischen Verlagerungen des Arbeitspunktes unter Krafteinwirkung für ein vorgegebenes MONORAIL-System.

Hierbei werden die realen, nichtlinearen Steifigkeiten der einzelnen MONORAIL Führungswagen und die Wechselwirkung der Führungswagen untereinander, hervorgerufen durch die unterschiedlichen Steifigkeiten unter Zug-, Druck- und Seitenkraft berücksichtigt.
Zusätzliche Verformungen infolge thermischer Ausdehnung und elastischer Verformung der Maschinenkonstruktion bleiben unberücksichtigt.

Erforderliche Daten

Für die Auslegung werden sämtliche Angaben benötigt wie sie beispielhaft in nachfolgender Maschinenzeichnung mit Datenblatt dargestellt sind:

- Führungsgeometrie mit Anzahl Führungswagen und Führungsschienen, Führungswagenabständen längs und quer
- Lage der Achsen im Raum und Abstände zueinander (Abstände der Bezugspunkte benachbarter Achsen)
- Massen aller zu berechnenden Maschinenachsen und Werkstücke
- Lage der Massenschwerpunkte
- Lage der Antriebselemente gegenüber dem jeweiligen Achsenbezugspunkt
- Lage des Kraftpunkts (Kraft- und Momentenangriffspunkt)
- Maximale Verfahrwege (Hub) aller zu berechnenden Achsen
- Maximale Geschwindigkeit und Beschleunigung der Achsen

Bei unterschiedlichen Kraftfällen zusätzlich:

- Kraftkollektiv mit Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verfahrweg und prozentualem Zeitanteil sowie Größe und Richtung der am Arbeitspunkt angreifenden Kräfte und Momente in Abhängigkeit des jeweiligen Kraftfalles

Sämtliche Geometriemaße sind bezogen auf den jeweiligen Achsenmittelpunkt (siehe Zeichnung). Die Achsenbezeichnung in dem kartesischen Koordinatensystem kann beliebig gewählt werden.
Für eine große Anzahl von typischen Maschinen und Bauformen stellt SCHNEEBERGER Maschinenskizzen und Datenblätter zur Verfügung. Für nähere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihre SCHNEEBERGER-Vertretung.

4.8.5 Beispiel eines Datenblatts für einen X-/Y-Tisch

Massen								
m_x =		kg	m_y =		kg	m_w =		kg
Abmessungen								
S1 =		mm	S2 =		mm	S3 =		mm
S4 =		mm	S5 =		mm	S6 =		mm
S7 =		mm	S8 =		mm	S9 =		mm
K1 =		mm	K5 =		mm			
Q2 =		mm	Q4 =		mm			
A2 =		mm	A3 =		mm			
A4 =		mm	A6 =		mm			
L4 =		mm	L5 =		mm	L6 =		mm
B1 =		mm	B2 =		mm	B3 =		mm
Hub (max.)								
s_x =		mm	s_y =		mm			
Beschleunigung (max.)								
a_x =		m/s²	a_y =		m/s²			

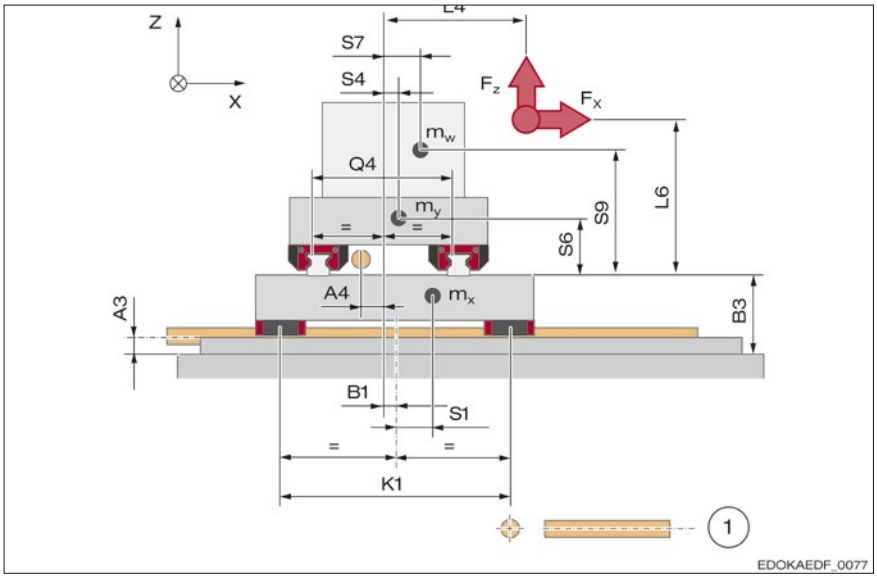
Kraftkollektiv: Kräfte und Momente

Nr.	Zyklus	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
		N	N	N	Nm	Nm	Nm
1							
2							
3							
4							
5							

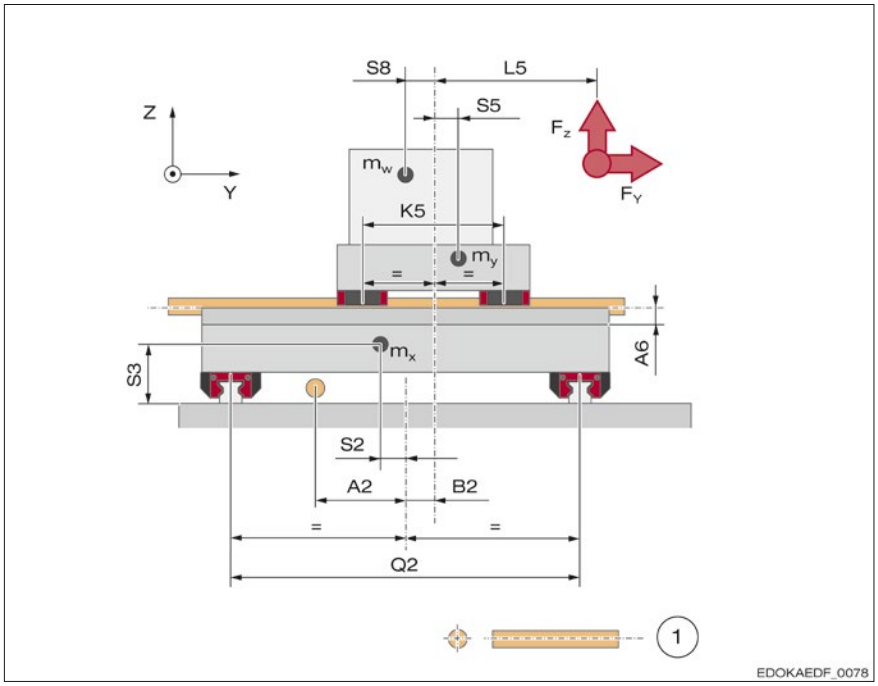
Kraftkollektiv: Weg- / Zeitanteile

	X - Achse			Y - Achse			
Nr.	Geschwindigkeit	Zeitanteil	Verfahrweg	Geschwindigkeit	Zeitanteil	Verfahrweg	
	v (m/min)	t (%)	s (mm)	v (m/min)	t (%)	s (mm)	
1							
2							
3							
4							
5							

4.8.6 Beispiel einer Maschinenskizze für einen X-/Y-Tisch



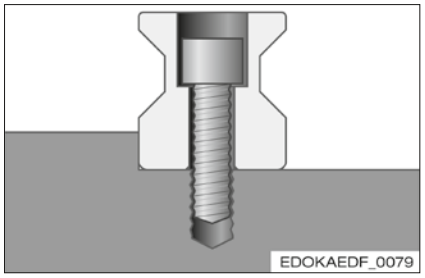
Beispiel einer Maschinenskizze für einen X-/Y-Tisch:
1 Antriebsspindel



Beispiel einer Maschinenskizze für einen X-/Y-Tisch:
1 Antriebsspindel

4.9.1 Befestigungsarten

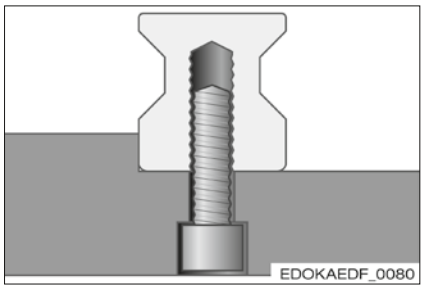
Die MONORAIL Führungsschienen können auf zwei Arten befestigt werden. Die Standardschienen (N) und die Führungsschienen für Abdeckbänder (C) besitzen Durchgangsbohrungen mit Ansenkung zur Befestigung von oben. Daneben gibt es auch Führungsschienen mit Gewinde von unten (U), die von unten durch den Maschinentisch angeschraubt werden können.
Nachfolgende Übersicht zeigt die Vor- und Nachteile beider Befestigungsarten auf.



Befestigung von oben (N, ND, C, CD)

Vorteile:
- Gute Zugänglichkeit

Nachteile:
- Schienenbohrungen müssen mit Stopfen oder Abdeckbändern verschlossen werden um die Abstreifer zu schützen
- Störkanten durch Verschlusselemente: Abstreiferverschleiß, Verschmutzung



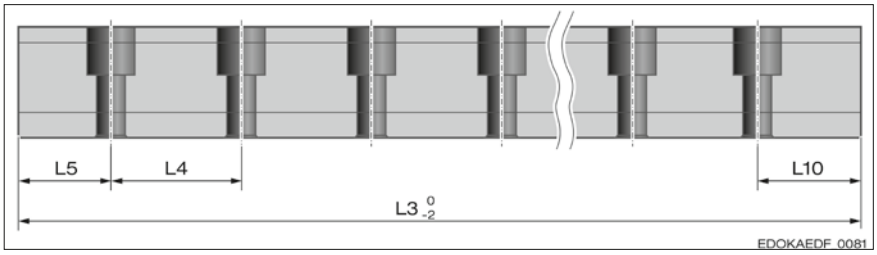
Befestigung von unten (NU, NUD)

Vorteile:
- Keine Verschlusselemente für Führungsschienenbohrungen erforderlich
- Schienenoberfläche ohne Störkanten

Nachteile:
- Eingeschränkte Zugänglichkeit
- Geringere Spannkraft durch lange Schrauben

4.9.2 Schienenoptionen

Spezielle Bohrungsteilungen L4



Bohrungsteilungen:

L5	Anfangsbohrungsabstand	L3	Schienenlänge
L4	Bohrungsteilung	L10	Endbohrungsabstand

Doppelte bzw. halbe Bohrungsteilung L4

MONORAIL MR Führungsschienen werden auf Wunsch mit doppeltem Bohrungsabstand L4 geliefert. Es handelt sich hierbei nicht um ein Standardprodukt (Bestellcode NX). Verfügbarkeit auf Anfrage.
Hierbei ist zu beachten, dass in diesem Fall die Steifigkeit als auch die Ablaufgenauigkeit verringert wird.
Auch für MONORAIL BM Führungsschienen sind, zur Erhöhung der Steifigkeit und zur Verbesserung der Ablaufgenauigkeit, Führungsschienen mit halber Bohrungteilung (entspricht MR Standard L4) lieferbar. Es handelt sich hierbei nicht um ein Standardprodukt (Bestellcode NX). Verfügbarkeit auf Anfrage.

Sonstige spezielle Bohrungteilungen
Kundenspezifische Bohrungteilungen oder Bohrungteilungen, die sich über die Führungsschienenlänge ändern z. B. am Stoß bei mehrteiligen Führungsschienen, sind auf Anfrage lieferbar.

Zusätzliche Passbohrungen und Gewinde
Als Option sind Führungsschienen mit zusätzlichen Bohrungen z. B. für Passstifte oder mit zusätzlichen Gewindebohrungen lieferbar.
Verfügbarkeit auf Anfrage.

Zusatzbohrungen Führungsschiene Oberseite
Auf der Führungsschienenoberseite können zusätzliche Bohrungen, z. B. für Passstifte, oder Durchgangsbohrungen, z. B. für die Führungswagenmontage, nach kundenspezifischer Vorgabe eingebracht werden. Verfügbarkeit auf Anfrage.

Schienenendenbearbeitung
Nach dem Trennen der Führungsschienen werden die Führungsschienenenden bearbeitet.
Standardausführung:
- Fase zum Auffahren von Führungswagen.
- Verletzungsschutz.
- Saubere Auflage des Abdeckbandes bei Führungsschienen mit Abdeckbändern.

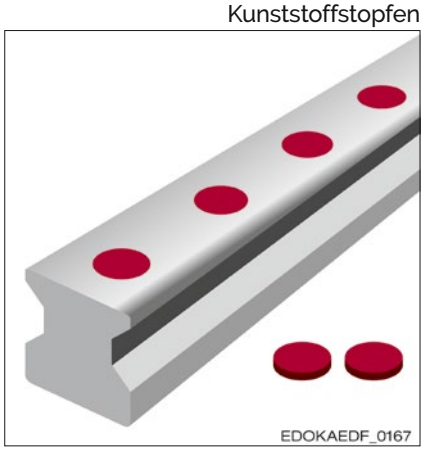


Standard

4.9.3 Verschlusselemente für Befestigungsbohrungen

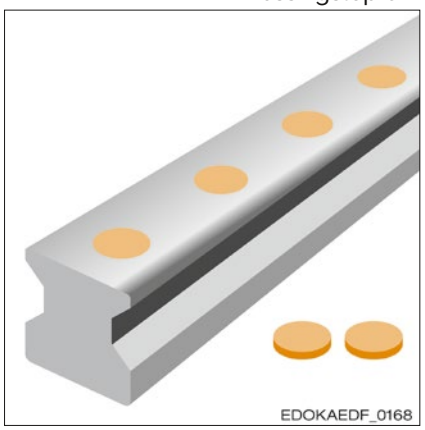
Folgende Verschlusselemente für die Führungsschienenbohrungen sind lieferbar. Eine Gegenüberstellung der einzelnen Elementbauformen mit ihren Vor- und Nachteilen finden Sie auch im Kapitel 4.3 - Führungsschienenbauformen.
Verfügbare Größen, Bauformen und Bestellangaben siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS und Informationen zur Montage siehe SCHNEEBERGER-Montageanleitung Stahl- und Messingstopfen.

Kunststoffstopfen



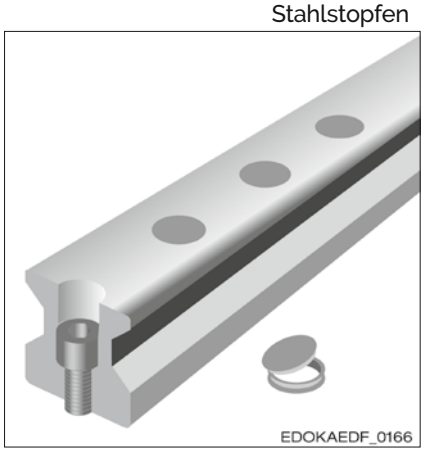
Merkmale:
- Preisgünstig
- Einfache Montage und Demontage
- Für geschützte Achsen und schmutzarme Umgebung, z. B. im Handlingbereich
- Bestellcode für Rollenprodukte: MRK
- Bestellcode für Kugelprodukte: BRK
- Nicht wiederverwendbar

Messingstopfen



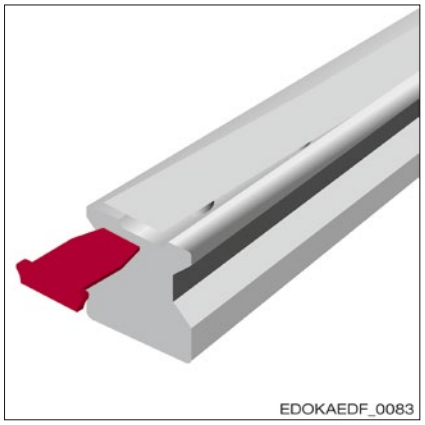
Merkmale:
- Preisgünstig
- Glatte und spaltfreie Oberfläche
- Sehr gute Abstreiferfunktion
- Für erhöhte thermische und mechanische Beanspruchung
- Flüssigkeitsdicht
- Montage mit hydraulischem Werkzeug notwendig
- Nicht wieder verwendbar
- Bestellcode für Rollenprodukte: MRS
- Bestellcode für Kugelprodukte: BRS

Stahlstopfen



Merkmale:
- Glatte Führungsschienenoberfläche
- Gute Abstreiferfunktion
- Für hohe mechanische und thermische Beanspruchung, z. B. im offenen Spänebereich
- Einfache Montage mit hydraulischem Montagewerkzeug
- Teuer
- Nicht wieder verwendbar
- Bestellcode für Rollenprodukte: MRZ

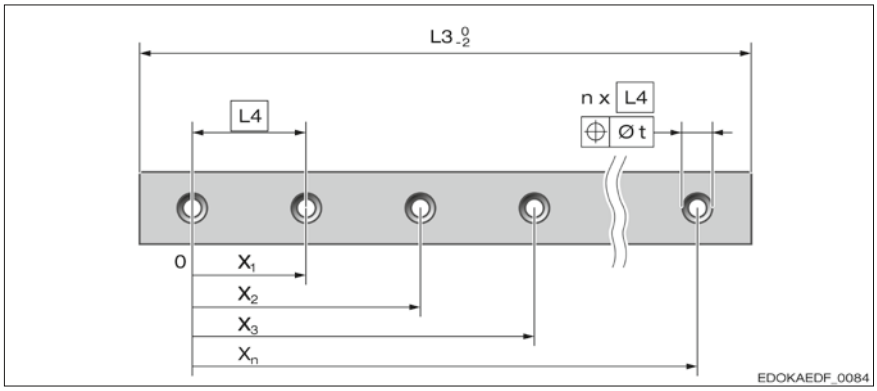
Abdeckband



Merkmale:
- Glatte Führungsschienenoberfläche mit nur einer Störkante in Längsrichtung
- Gute Abstreiferfunktion
- Geringer Montageaufwand mit Montagewerkzeug
- Nur ein Verschlusselement für die ganze Führungsschiene
- Mehrfach wieder verwendbar und leicht demontierbar
- Freiraum hinter der Führungsschiene zur Montage erforderlich
- Sicherung der Abdeckbandenden durch Endstücke (EST) oder Bandsicherungen (BSC)
- Bestellcode für Rollenprodukte: MAC
- Bestellcode für Kugelprodukte: BAC

4.9.4 Toleranzen Führungsschienenlänge und Befestigungsbohrungen für Führungsschienen der Bauformen N, ND, NU, NUD, C und CD

Die Längentoleranz bei ein- und mehrteiligen Führungsschienen beträgt L3 = 0/-2 mm. Die Positionstoleranz der Befestigungsbohrungen bei ein- und mehrteiligen Führungsschienen beträgt:



Schematische Darstellung des Bohrungabstandes L4:

L4 Bohrungsteilung

L3 Schienenlänge

Positionstoleranz t (mm)								
Schiene	$x_n \leq 1000$ mm	$x_n > 1000$ mm						
induktiv gehärtet	0,4	0,4						
durchgehärtet	0,6	0,8						

4.9.5 Zulässige Schraubenanzugsmomente

Die maximalen Anziehdrehmomente für Befestigungsschrauben DIN 912 / ISO 4762 sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen. Hierbei wird von einem Reibungskoeffizient im Anlieferzustand von μ = 0,125 ausgegangen.



Vorsicht

Bauteilschaden durch nicht mit korrektem Drehmoment angezogene Schrauben

- Die Angaben der Schraubenhersteller sind zu beachten und in jedem Fall verbindlich.
- Schrauben mit niedrigem Kopf DIN 6912 sind entsprechend Klasse 8.8 anzuziehen.
- Für AMS-Führungsschienen sind Schrauben der Klasse 8.8 zu verwenden.

Anziehdrehmomente für Befestigungsschrauben ISO 4762:

Maximales Anziehdrehmoment (Nm)								
Schraube	**M4**	**M5**	**M6**	**M8**	**M12**	**M14**	**M16**	**M24**
Baugröße	(15)	(20)	(25)	(30, 35)	(45)	(55)	(65)	(100)
Festigkeitsklasse 8.8	3	6	10	24	83	130	200	700
12.9	5	10	16	40	95	166	265	1100

Um die Bruchsicherheit im Falle einer Kollision von bewegten Achsen zu erhöhen, sollten für Linearführungen möglichst Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9 nach ISO 898-1 verwendet werden. Grundsätzlich sind jedoch Schrauben mit Festigkeitsklassen von 8.8 bis 12.9 einsetzbar.

Werden die Befestigungsschrauben der Führungswagen mit einem MoS_2-haltigen Fett geschmiert und unter Verwendung eines Drehmomentschlüssels angezogen, wird eine gleichmäßigere Vorspannkraft erzielt. Hieraus resultiert eine deutliche Verbesserung der Ablaufgenauigkeit.



Vorsicht

Bauteilschaden durch nicht mit korrektem Drehmoment angezogene Schrauben

➡ Bei Verwendung von Fetten, insbesondere MoS_2-haltigen, kann der Reibungskoeffizient μ bis auf die Hälfte absinken. Die Drehmomente sind entsprechend zu reduzieren.

Die Befestigungsschrauben sind zu sichern, falls Spannungsverluste erwartet werden.

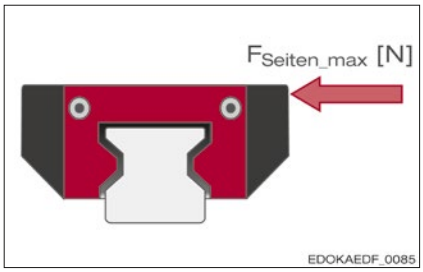
4.9.6 Zulässige Seitenkraft ohne Anschlagfläche

Sind in der Anschlusskonstruktion keine Anschlagflächen vorgesehen, können die Richtwerte für die maximal zulässigen Seitenkräfte mit Hilfe der untenstehenden Tabelle bestimmt werden.
Die F_{Seiten_max}-Werte sind von der dynamischen Tragfähigkeit C, der Art der Befestigung der Führungswagen und der Festigkeitsklasse der Schrauben abhängig.

Maximale Seitenkraft F_{Seiten_max} (N) auf die Führungsschiene ohne Anschlagflächen
auf Basis der Schraubenverbindungen mit Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8. Die Tabellenwerte geben die maximale Seitenkraft an, die von einem Führungswagen auf die Führungsschiene ausgeübt werden darf und gelten für einen Standardbohrungabstand L4. Die Werte erhöhen sich entsprechend bei Verwendung von zwei oder mehr Führungswagen.
(Werte aus DIN 637)

Maximale Seitenkraft F_{Seiten_max} (N)

	MONORAIL MR		MONORAIL BM					
Wagentyp	A, C, E	B, D	A, C, E, F	B, D, G				
Baugröße								
15			280	320				
20			480	550				
25	1400	1600	710	810				
30	2800	3200	1400	1600				
35	2800	3200	1400	1600				
45	6900	7900	3400	3900				
55	9600	10900						
65	13200	15100						
100	31500	36000						



Maximale Seitenkraft F_{Seiten_max} (N), die auf einen Führungswagen wirkt

Die aufgeführten maximalen Seitenkräfte gelten ausschließlich für ideal steife Anbindungsflächen der Anschlusskonstruktion und Schraubenbefestigung in Stahl oder Stahlguss. Bei labilen Anschlussflächen steigen die Schraubenbelastungen zum Teil enorm an und es kann zum Lösen der Schraubenverbindung kommen. Bei Schraubenbefestigung in Aluminium sind die maximal zulässigen Seitenkräfte nach VDI 2230 zu reduzieren.

4.9.7 Zulässige Zugkräfte und Quermomente

Die maximale Belastung einer Profilschienenführung wird nicht nur duch die statischen Tragfähigkeiten C0 und die statischen Momente M0 der Wälzkontakte bestimmt, sondern auch durch die Schraubenverbindungen an Führungswagen und Führungsschiene. Wobei in erster Linie eine maximale Lastgrenze durch die Verschraubung der Führungsschiene bestimmt wird.

Maximale Zugkräfte FZug_max und Quermomente MQ_max von Profilschienenführungen

auf Basis der Schraubenverbindungen mit Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8. Die Tabellenwerte zeigen zulässige maximale Zugkräfte und Quermomente, die von einem Führungswagen auf die Führungsschiene ausgeübt werden dürfen und gelten für einen Standardbohrungsabstand L4. (Werte aus DIN 637)

Maximale Zugkräfte F_{Zug_max} (N) und Quermomente M_{Q_max} (Nm)

	MONORAIL MR				MONORAIL BM			
Wagentyp	A, C, E		B, D		A, C, E, F		B, D, G	
	F_{Zug_max} (N)	M_{Q_max} (Nm)	F_{Zug_max} (N)	M_{Q_max} (Nm)	F_{Zug_max} (N)	M_{Q_max} (Nm)	F_{Zug_max} (N)	M_{Q_max} (Nm)
Baugröße								
15					3700	26	4200	30
20					6400	60	7300	68
25	18800	200	21500	230	9400	100	10800	120
30	37000	490	42300	560	18500	240	21100	280
35	36900	590	42200	680	18500	300	21100	340
45	91700	1900	104800	2200	45900	970	52400	1100
55	127400	3200	145600	3600				
65	176400	5200	201700	6000				
100	419400	19700	479300	22500				

Bei Überschreitung dieser Werte sind die Schraubenverbindungen nochmals zu prüfen. Zudem kann es zum Lockern der Schraubenverbindungen kommen.

Die aufgeführten maximalen Zugkräfte und Tosionsmomente gelten ausschließlich für ideal steife Anbindungsflächen der Anschlusskonstruktion sowie für Schraubenbefestigung in Stahl oder Guss. Bei labilen Anschlussflächen steigen die Schraubenbelastungen zum Teil enorm an und es kann zum Lösen der Schraubenverbindung kommen. Bei Schraubenbefestigung in Aluminium sind die maximal Zugkräfte und Quermomente nach VDI 2230 zu reduzieren.

4.9.8 Genauigkeit - Einflussfaktoren

Die Genauigkeit der Führungsschienenbefestigung wird von einer Reihe von Faktoren beeinflusst:

Genauigkeit der Anschlusskonstruktion	Genauigkeit der Flächen überträgt sich auf die Führungsschiene: Lebensdauerminderung bei nicht ausreichender Qualität
Geradheit der Führungsschiene	keine Knicke, entsprechend SCHNEEBERGER-Spezifikation
Bohrungabstand der Befestigungsbohrungen	Schrauben können nicht im Maschinenbett montiert werden und sitzen in der Führungsschienenbohrung auf
Montageart mit/ohne seitliche Anschlagflächen	evtl. Geradheit einschränken
Anzugsdrehmoment	sicherstellen, dass die Schrauben gleichmäßig angezogen werden
Verwendung von Unterlegscheiben	sicherstellen, dass diese nicht an der Bohrung anstehen und der Einbauraum für Stopfen nicht eingeschränkt wird
Befettungszustand von Maschinenbett, Führungsschiene und Schrauben	alles reinigen
Montagemethode (Einstufiges Anziehen der Schrauben oder Vorausrichten mit reduziertem Anzugsdrehmoment)	siehe Montageanleitung MONORAIL und AMS
Anschraubreihenfolge der Befestigungsbohrungen	siehe Montageanleitung MONORAIL und AMS
Temperaturdifferenz zwischen Führungsschiene und Maschinenbett bei der Montage (thermische Längendehnung)	sicherstellen, dass die Führungsschienen bei der Montage die gleiche Temperatur haben wie das Maschinenbett

Detaillierte Informationen zu den einzelnen Punkten finden Sie in:

- SCHNEEBERGER-Produktkatalog und Montageanleitung MONORAIL und AMS
- Kapitel 1.6 - Genauigkeit

4.10.1 Zusammengesetzte Führungsschienen und Stöße

Die Länge L3 einer einteiligen SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung ist durch die Produktonsmöglichkeit auf max. 6 m begrenzt. Die maximalen Längen können aus den jeweiligen Produktbeschreibungen entnommen werden. Größere Längen lassen sich durch das Fügen zweier oder mehrerer Führungsschienen realisieren. Die Führungsschienenteilstücke werden dabei so verschraubt, dass ein spaltfreier vollbelastbarer Stoß entsteht.

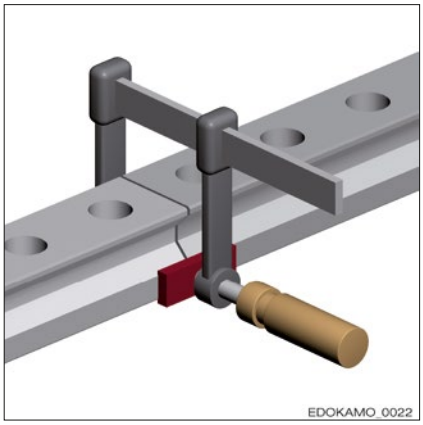
4.10.2 Montage und Kennzeichnung

Mehrteilige Führungsschienen sind an den Stößen mit einer Ziffer gekennzeichnet und bei gepaarten Ausführungen GP zusätzlich am Führungsschienenanfang mit einer Satznummer versehen.



Nummerierung der Führungsschienenstöße und Satznummern. Die Schreibweise 1.1 bezieht sich nur auf die Ausführung GP.

Schienen so montieren, dass die Stoßziffern übereinstimmen. Die Führungsschiene mit der Satznummer Index 1 bzw. mit der Stoßziffer 1 wird als Referenzschiene bezeichnet.
Bei der Montage mehrteiliger Führungsschienenstränge ohne Anschlagfläche im Maschinenbett die Führungsschienenstöße mittels einer Fixierbrücke ausrichten.



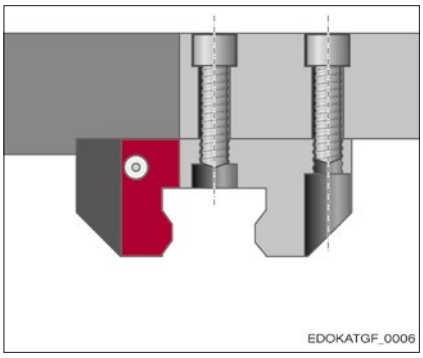
Montage mit Fixierbrücke

Bei der Montage mit maschinenseitigen Anschlagflächen immer die Führungsschienen mit ihrer Anschlagseite an die Anschlagfläche legen. In beiden Fällen darauf achten, dass die Führungsschienen spaltfrei aneinander gereiht werden.
Im Ersatzteilfall können mehrteilige Führungsschienen nur komplett ausgetauscht werden. Eine nachträgliche Bestellung einzelner, kundenspezifischer Teilstücke ist nicht möglich.
Die Austauschbarkeit einzelner Führungsschienenstücke der Bauformen N, NU, NUD, C und CD ist nur bei MONORAIL RSR und BSR, sowie bei MONORAIL AMS 3L, gegeben.

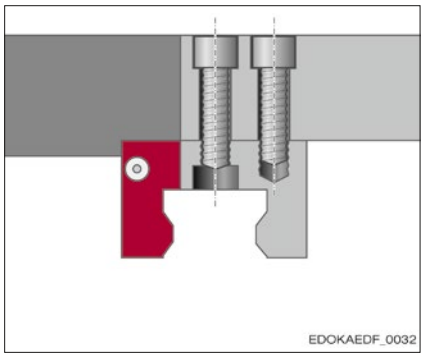
4.11.1 Befestigungsarten

Die MONORAIL Führungswagen besitzen je nach Bauform und Baugröße Bohrungen mit Positionen nach DIN 645 zur Befestigung an der Anschlusskonstruktion. Bei den Bauformen A und B, sind diese als Kombinations-Gewindebohrungen ausgeführt, bei den kompakten Bauformen C, D, E, F und G als Sackbohrungen. Zur Erzielung maximaler Führungswagensteifigkeit wird die Benutzung aller Befestigungsbohrungen empfohlen. Siehe hierzu Kapitel 4.11.4

Befestigung von oben



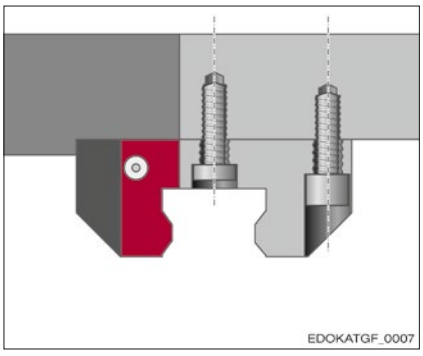
Befestigung unter Verwendung der Gewindebohrung



Befestigung unter Verwendung der Gewindebohrung

Alle Führungswagen können unter Verwendung der Gewindebohrungen von oben befestigt werden. Diese Methode ist zu bevorzugen. Sie ergibt eine kräftigere Befestigung, weil das Gewinde einen größeren Schraubendurchmesser erlaubt.
Bei Verwendung der mittleren Befestigungsbohrungen sind, falls vorhanden, die Kunststoffschutzstopfen zu entfernen.
Bitte beachten Sie die Länge der mittleren Befestigungsschrauben, um Beschädigung der Führungsschiene zu vermeiden.

Befestigung von unten



Befestigung unter Verwendung der Gewindebohrung

Die Führungswagenbauformen A und B können unter Verwendung der Gewindebohrungen als Durchgangbohrungen mit entsprechend kleinerem Schraubendurchmesser auch von unten befestigt werden. In diesem Fall sind für die mittleren Befestigungsbohrungen Schrauben mit niedrigem Kopf nach DIN 6912 zu verwenden. Werden die beiden mittleren Befestigungsbohrungen benutzt, sind falls vorhanden, die Kunststoffschutzstopfen zu entfernen.

4.11.2 Seitliche Anschlagflächen

Standardanschlag

Als Standard besitzen die Führungswagen einseitig seitlich eine geschliffene Anschlagfläche. Diese ist zum Anschlag der Führungsschiene durch das B2 Maß beschrieben.



Doppelanschlag

Beide Seiten des Führungswagens haben eine geschliffene Fläche. Die Hauptanschlagseite ist bei den MR Führungswagen durch ein A auf der Seitenfläche gekennzeichnet. Bei BM Führungswagen ist die Hauptanschlagfläche durch eine Längskerbe sichtbar gemacht. Die Hauptanschlagfläche ist zum Anschlag der Führungsschiene durch das B2 Maß beschrieben. Die zweite Anschlaglfäche ist bezogen auf die Hauptanschlagfläche toleriert. Bezogen auf das B2-Maß sind die beiden Anschlagflächen nicht symmetrisch zur Wagenmitte.



4.11.3 Zulässige Seitenkraft ohne Anschlagfläche

Sind in der Anschlusskonstruktion keine Anschlagflächen vorgesehen, können die Richtwerte für die maximal zulässigen Seitenkräfte mit Hilfe der untenstehenden Tabelle bestimmt werden.
Die F_{Seiten_max}-Werte sind abhängig von der dynamischen Tragfähigkeit C, von der Art der Befestigung der Führungswagen und von der Festigkeitsklasse der Schrauben.

Maximale Seitenkraft pro Führungswagen ohne Anschlagflächen

in Abhängigkeit von Größe und Anzahl der Befestigungsschrauben DIN 912/ ISO 4762:

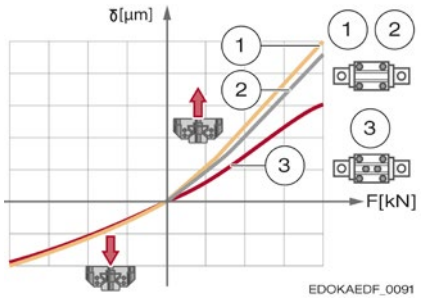
Maximale Seitenkraft F_{Seiten_max} (N)								
Schraube	M4	M4	M5	M5	M6	M6	M8	M8
(Baugröße)	(15)	(15)	(15, 20)	(15, 20)	(20, 25)	(20, 25)	(25, 30, 35)	(25, 30, 35)
Anzahl Schrauben	4 S	6 S	4 S	6 S	4 S	6 S	4 S	6 S
Festigkeitsklasse								
8.8	1250	1900	2100	3150	2950	4450	5400	8100
12.9	2150	3250	3550	5300	5000	7500	9200	13800

Schraube	M10	M10	M12	M12	M14	M14	M16	M16
(Baugröße)	(30, 35, 45)	(30, 35, 45)	(45, 55)	(45, 55)	(55, 65)	(55, 65)	(65)	(65)
Anzahl Schrauben	4 S	6 S	4 S	6 S	4 S	6 S	4 S	6 S
Festigkeitsklasse								
8.8	8600	13000	12600	19000	17300	26000	23900	35800
12.9	14600	21900	21300	32000	29300	44000	40300	60400

Schraube	M16	M16	M20	M20				
(Baugröße)	(100)	(100)	(100)	(100)				
Anzahl Schrauben	6 S	9 S	6 S	9 S				
Festigkeitsklasse								
8.8	35800	53700	55100	82700				
12.9	60400	90600	92000	138100				

4.11.4 Einfluss der Anzahl Befestigungsschrauben auf die Steifigkeit

Das Diagramm verdeutlicht den Zusammenhang zwischen der Führungssteifigkeit und der Anzahl und Qualität der Befestigungsschrauben pro Führungswagen. Vor allem unter Zugbelastung erhöht sich die elastische Deformation deutlich bei Reduzierung der Schraubenanzahl von 6 auf 4 Schrauben.



1 4 Schrauben, Güteklasse 8.8
2 4 Schrauben, Güteklasse 12.9
3 6 Schrauben, Güteklasse 8.8

δ Deformation bei Kraft F
F Kraft

Einfluss der Führungswagenbefestigung auf die Steifigkeit am Beispiel einer 4-reihigen Kugelführung mit O-Geometrie. Die Kraft F (kN) bei Zug und Druck ist gegen die Deformation **δ** (µm) aufgetragen.

4.11.5 Zulässige Schraubenanzugsmomente

Die maximalen Anziehdrehmomente für Befestigungsschrauben ISO 4762 sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen. Hierbei wird von einem Reibungskoeffizient im Anlieferzustand von µ = 0,125 ausgegangen.



Vorsicht

Bauteilschaden durch nicht mit korrektem Drehmoment angezogene Schrauben

- ➡ Die Angaben der Schraubenhersteller sind zu beachten und in jedem Fall verbindlich.
- ➡ Schrauben mit niedrigem Kopf DIN 6912 sind entsprechend Klasse 8.8 anzuziehen.

Anziehdrehmomente für Befestigungsschrauben ISO 4762:
Um die Bruchsicherheit im Falle einer Kollision von bewegten Achsen zu erhöhen, sollten für Linearführungen möglichst Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9 nach ISO 898-1 verwendet werden. Grundsätzlich sind jedoch Schrauben mit Festigkeitsklassen von 8.8 bis 12.9 einsetzbar.

Maximales Anziehdrehmoment (Nm)								
Schraube	**M4**	**M5**	**M6**	**M8**	**M10**	**M12**	**M14**	**M16**
(Baugröße)	(15)	(15, 20)	(20, 25)	(25-35)	(30-45)	(45, 55)	(55)	(65)
Festigkeitsklasse 8.8	3	6	10	25	49	83	130	200
12.9	5	10	16	40	81	95	166	265

Schraube	**M20**
(Baugröße)	(100)
Festigkeitsklasse 8.8	410
12.9	680

Werden die Befestigungsschrauben der Führungswagen mit einem MoS_2-haltigen Fett geschmiert und unter Verwendung eines Drehmomentschlüssels angezogen, wird eine gleichmäßigere Vorspannkraft erzielt. Hieraus resultiert eine deutliche Verbesserung der Ablaufgenauigkeit.



Vorsicht

Bauteilschaden durch mit nicht korrektem Drehmoment angezogenen Schrauben

➡ Bei Verwendung von Fetten, insbesondere MoS2-haltigen, kann der Reibungskoeffizient μ bis auf die Hälfte absinken. Die Drehmomente sind entsprechend zu reduzieren.

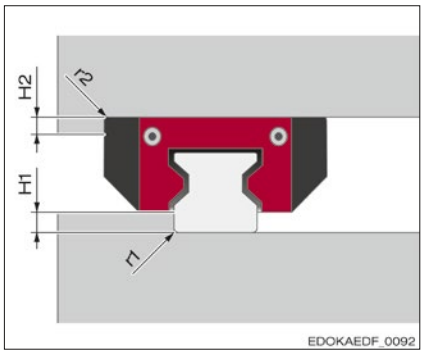
Sichern Sie die Schrauben, falls Sie Spannungsverluste erwarten.

4.11.6 Mindesteinschraubtiefe

Die erforderliche Schraubenlänge für die Führungswagenbefestigung kann anhand der Dicke des Führungswagens bzw. des Maschinenschlittens und der Mindesteinschraubtiefe z. B. nach der Richtlinie VDI 2230 ermittelt werden. Führungswagenmaße siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.

4.12.1 Seitliche Anschlagflächen

Für eine einfache Montage und präzise Ausrichtung der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung sollten die Montageflächen der Führungsschienen und Führungswagen mit seitlichen Anschlagflächen ausgestattet werden. Damit können gleichzeitig höhere Seitenkräfte übertragen werden. Siehe hierzu zulässige Seitenkraft ohne Anschlagflächen, Kapitel 4.9 - Befestigung Führungsschiene und 4.11 - Befestigung Führungswagen.
Die Einhaltung der nachfolgenden Höhenangaben für die Anschlagflächen garantiert eine sichere Kraftaufnahme und genügend Freiraum für die Führungswagen. Die Führungswagen und Führungsschienen besitzen an den Kanten der Anschlagflächen eine Fase, so dass die Anschlusskonstruktion ohne Hinterstiche ausgeführt werden kann. Die angegebenen Eckenradien sind Maximalwerte, die sicherstellen, dass Führungswagen und Führungsschienen korrekt an den Montageflächen anliegen.



r1 Eckenradius Führungsschienenkante
r2 Eckenradius Führungswagenkante
H1 Anschlaghöhe Führungsschiene
H2 Anschlaghöhe Führungswagen

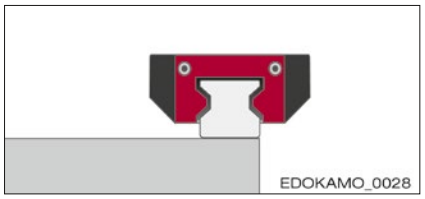
Abmasse der Anschlusskonstruktion

Die Werte gelten für Stahl und Stahlguss mit einer Streckgrenze von mindestens 240 N/mm².

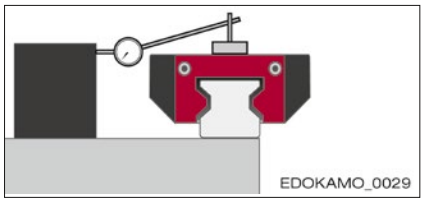
Bauform	Baugröße	H1, min	H1, max	H2, min	r1, max	r2, max
MR	25	3,5	6	5	0,8	0,8
	35	4,5	7,5	6	0,8	0,8
	45	6	9,5	8	0,8	0,8
	55	7,5	12,5	10	1,3	1,3
	65	9,5	13,2	12	1,8	0,8
	100	15,5	16	22	1,8	1,8
BM	15	3	3,5	3	1	0,6
	20	3	4	4	0,9	1
	25	3,5	5	4,5	1,1	1,1
	30	4	5,5	5,5	1,3	1,3
	35	4,5	6,5	6	1,3	1,3
	45	5,5	8,5	7,5	1,3	1,3

4.12.2 Ausrichtmethoden für die Schiene

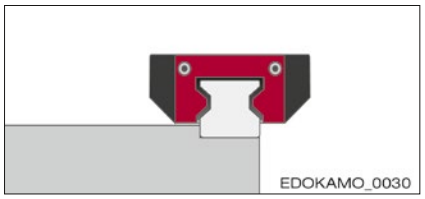
Das Ausrichten der Führungsschienen hängt von der geforderten Genauigkeit ab und muss bereits in der Konstruktionsphase der Maschine durchdacht werden, da hier die Anzahl und Lage der Anschlagflächen festgelegt werden. Siehe Kapitel 4.12 - Gestaltung der Anschlusskon-struktion.
Es werden folgende Ausrichtarten unterschieden:



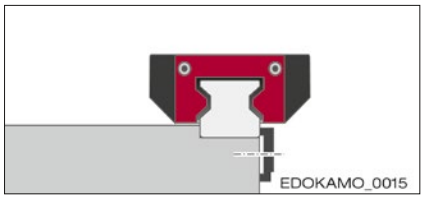
Merkmale:
- Keine Anschlagkante vorhanden
- Ausrichten von Hand ohne Hilfsmittel
- Nicht empfohlen
- Sehr geringe Genauigkeit



Merkmale:
- Keine Anschlagkante vorhanden
- Ausrichten von Hand mit Hilfsmitteln, z. B. Ausrichtlineal, Hilfsanschlagleiste, Messuhr, Montagewagen
- Je nach Aufwand mittlere bis hohe Genauigkeit



Merkmale:
- Seitlicher Anschlag im Maschinenbett
- Ausrichten durch Anpressen gegen die Anschlagfläche
- Hohe Genauigkeit, abhängig von der Genauigkeit der Anschlagkante
- Geringster Zeitaufwand

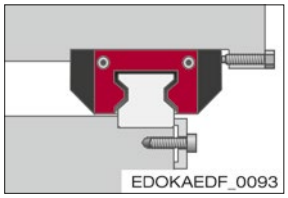


Merkmale:
- Seitliche Anschlagfläche und zusätzliche Seitenfixierung
- Ausrichten durch Anpressen gegen Anschlagfläche mit Hilfe seitlicher Fixierelemente
- Sehr hohe Genauigkeit, abhängig von der Genauigkeit der Anschlagkante
- Geringer Zeitaufwand

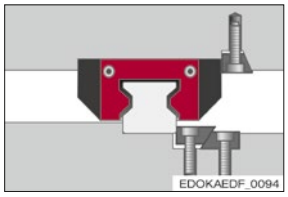
4.12.3 Seitliche Anschlagflächen

Bei Verwendung von seitlichen Anschlagflächen für die Montage der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung wird empfohlen, auch die gegenüberliegende Seite von Führungsschiene und Führungswagen mit Andrückelementen zu fixieren. Dies erleichtert das Ausrichten der Führung und erlaubt eine hohe Seitenkraftaufnahme in beiden Richtungen.
Zur seitlichen Fixierung können unterschiedliche Andrückelemente verwendet werden. Die Höhe der übertragbaren Seitenkräfte hängt von der jeweiligen Ausführung ab und ist in jedem Fall zu prüfen.

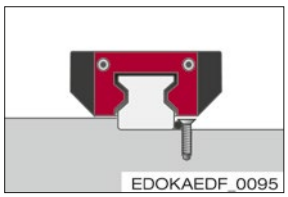
Stellschrauben und Klemleisten



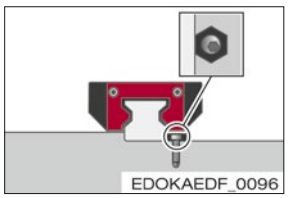
Einfache oder doppelte Keilleisten



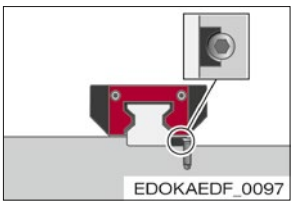
Welle mit Senkkopfschraube



Exzenter-schraube



Klemmstück mit konischer Ansenkung



4.12.4 Einbauarten

Bei der Auswahl einer geeigneten Einbauart und Festlegung von Anzahl und Anordnung der seitlichen Anschlagflächen müssen verschiedene Kriterien berücksichtigt werden. Dies sind:

- Belastung
- Erforderliche Genauigkeit
- Montageaufwand
- Einbausituation

Belastung

Kräfte in Zug- und Druckrichtung haben keinen Einfluss auf die seitlichen Anschlagflächen. Treten Belastungen von der Seite auf und überschreiten diese die Werte für die zulässige Seitenkraft ohne Anschlagflächen (siehe Kapitel 4.9 - Befestigung Führungsschiene und 4.11 - Befestigung Führungswagen), so müssen Anschläge und gegebenenfalls seitliche Fixierungen vorgesehen werden. Anzahl und Lage richten sich hierbei nach den auftretenden Kräften. Die Anschlagflächen sollten gemäß dem Kraftfluss der Hauptbelastung angeordnet werden. Seitliche Anschläge sollten auch beim Auftreten von Schwingungen und Stößen vorgesehen werden. Außerdem erhöhen Sie die Steifigkeit des Systems.

Genauigkeit

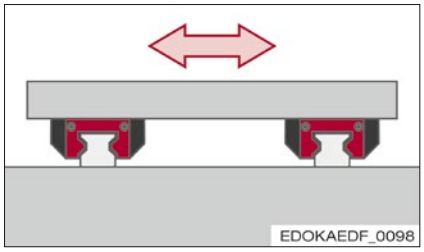
Seitliche Anschlagflächen werden empfohlen bei hohen Anforderungen an die Führungsgenauigkeit. Die Anschläge erleichtern dabei die Montage und reduzieren den Aufwand zum Erreichen der Genauigkeit. Die Führungsgenauigkeit wird von der Geradheit der Anschlagflächen und vom Andrückprozess der Führungsschiene bzw. von der Genauigkeit der seitlichen Fixierung bestimmt.

Montageaufwand

Anschlagflächen erleichtern die Montage und reduzieren den Aufwand für das Ausrichten der Führungsschienen.
Bei sorgfältigem manuellem Ausrichten der Führung kann auf seitliche Anschlagflächen verzichtet werden. Bei der Entscheidung für eine Methode ist der Montageaufwand gegenüber dem konstruktiven und fertigungstechnischen Aufwand abzuwägen.

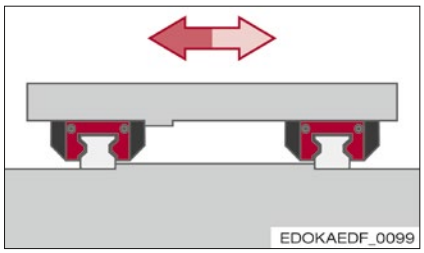
Einbausituation

Anschlagflächen und seitliche Fixierungen erfordern zusätzlichen Bauraum und Zugänglichkeit der Montagepositionen. Es ist daher zu prüfen, ob die vorgesehenen Anschläge und Fixierungen mit der Einbausituation in der Maschine vereinbar sind.
Nachfolgend werden einige typische Einbauarten beschrieben, die sich in Anzahl und Lage der Anschlagflächen, den übertragbaren Seitenkräften und dem Montageaufwand unterscheiden und als Konstruktionshilfe dienen sollen:



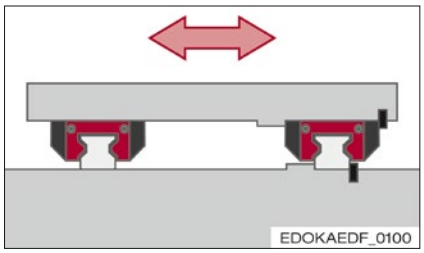
Merkmale:

- Keine Anschlagflächen
- Geringe Kraftaufnahme von der Seite, Kräfte werden durch Reibschlussübertragen
- Hoher Montageaufwand



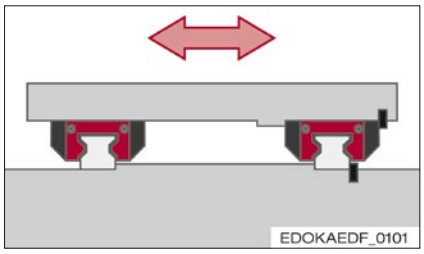
Merkmale:

- Beide Führungsschienen mit einem Anschlag, eine Führungswagenseite mit gegenüberliegendem Anschlag
- Einfache Montage
- Hohe Seitenkraftaufnahme aus einer Richtung, z. B. für Schrägbettachsen oder hängenden Einbau



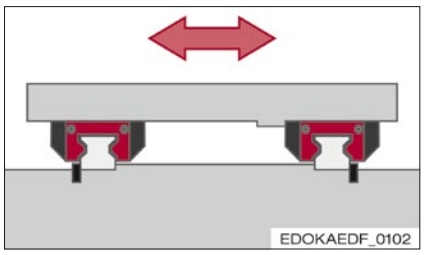
Merkmale:

- Eine Führungsschiene und deren Führungswagen mit Anschlag und Seitenfixierung
- Für hohe Seitenkräfte aus beiden Richtungen, eine Führungsschiene mit Führungswagen nimmt Großteil der Seitenkräfte auf
- Relativ einfache Montage



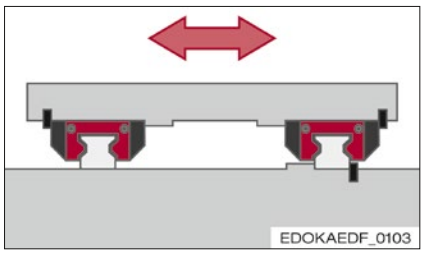
Merkmale:

- Beide Führungsschienen und eine Führungswagenseite mit einem Anschlag, eine Führungsschiene und deren Führungswagen zusätzlich mit Seitenfixierung
- Einfache Montage
- Hohe Seitenkraftaufnahme aus beiden Richtungen



Merkmale:

- Beide Führungsschienen und eine Führungswagenseite mit Anschlag und Seitenfixierung
- Einfache Montage
- Sehr hohe Genauigkeit
- Für sehr hohe Seitenkräfte aus beiden Richtungen



Merkmale:

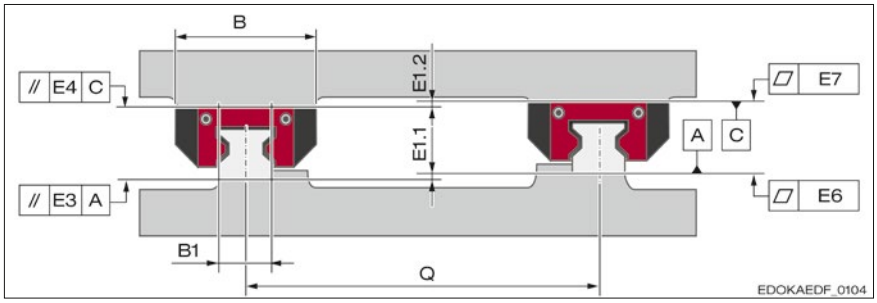
- Eine Führungsschiene und beide Führungswagenseiten mit Anschlag und Seitenfixierung
- Einfache Montage
- Sehr hohe Genauigkeit
- Für sehr hohe Seitenkräfte aus beiden Richtungen

4.12.5 Form- und Lagegenauigkeit der Anschlussflächen

Auf einer steifen Konstruktion mit großer Formgenauigkeit kommen die Vorteile der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen am besten zur Geltung. Ungenauigkeiten der Anbauflächen werden durch die elastische Deformation der MONORAIL-Führungen teilweise kompensiert, jedoch werden dadurch die Gesamtgenauigkeit, das Laufverhalten, die Verschiebekraft und die Lebensdauer negativ beeinflusst. Labile Anschlussflächen steigern die internen Zwangskräfte der Führungen, was ebenfalls die Lebensdauer negativ beeinflussen kann.
Bei Einhaltung der unten genannten Toleranzen für Höhenabweichung und Parallelität ist der Einfluss auf die Lebensdauer in der Praxis vernachlässigbar.

Oberflächengüte der Anschlussflächen
Die Oberflächengüte der Aufspannfläche hat keinen direkten Einfluss auf die Funktion und das Ablaufverhalten der Führung, jedoch auf die statische Genauigkeit. Führungswagen und Führungsschienen werden durch die Schraubenverbindungen mit hoher Kraft an die Montageflächen gepresst. Um ein Setzverhalten der Verbindung zu verhindern, ist ein hoher Traganteil der Oberflächen erforderlich. Dies wird durch eine hohe Oberflächengüte erreicht. Für die Auflage- und Anschlagflächen wird ein Mittenrauhwert von Ra 0,4 bis 1,6 µm empfohlen.

Zulässige Abweichungen in Querrichtung
Für die Berechnung sind die Werte in mm einzusetzen.



Zulässige Abweichungen in Querrichtung:

B	Führungswagenbreite (mm)	E4	Parallelität Führungswagenauflage quer
B1	Führungsschienenbreite (mm)	E6	Ebenheit Führungsschienenauflage
E1	Höhenabweichung quer	E7	Ebenheit Führungswagenauflage
E3	Parallelität Führungsschienenauflage quer	Q	Führungsschienenabstand System (mm)

Höhenabweichung quer E1 = E1.1 + E1.2 beinhaltet auch die Toleranz für das Maß A = MONORAIL-Höhe:

$$E1 = v_{vsp} \cdot Q \cdot 10^{-4}$$

EDOKAEDF_0105

E1	Höhenabweichung quer
Q	Führungsschienenabstand System (mm)
v_{vsp}	Vorspannungsfaktor

Parallelität Führungsschienenauflage quer E3:

$$E3 = v_{vsp} \cdot B_1 \cdot 10^{-4}$$

EDOKAEDF_0106

B1	Führungsschienenbreite (mm)
E3	Parallelität Führungsschienenauflage quer
v_{vsp}	Vorspannungsfaktor

Parallelität Führungswagenauflage quer E4:

$$E4 = v_{vsp} \cdot B \cdot 10^{-4}$$

EDOKAEDF_0107

B Führungswagenbreite (mm)
E4 Parallelität Führungswagenauflage quer
v_{vsp} Vorspannungsfaktor

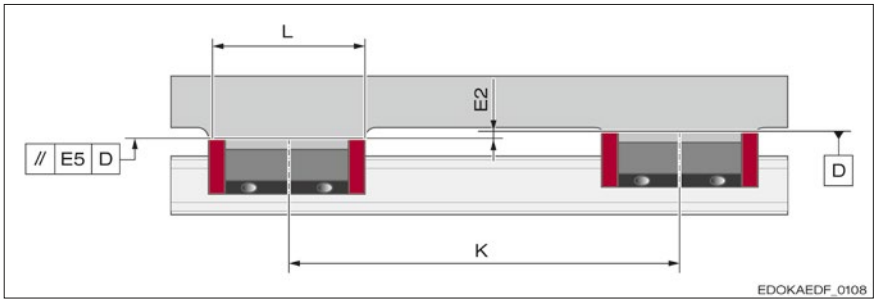
Vorspannungsfaktor

Der Vorspannungfaktor beschreibt den Einfluß der Vorspannung auf die Anforderungen an die Genauigkeit der Auflageflächen von Führungswagen und Führungsschiene. Eine höhere Vorspannung bedeutet eine höhere Steifigkeit und damit größere innere Kräfte bei Abweichungen der Anschlussflächen.

Vorspannungsfaktor v_{vsp}

Vorspannung	V0 / V1	V2	V3				
v_{vsp}	3,0	2,0	1,0				

Zulässige Abweichungen in Längsrichtung



Zulässige Abweichungen in Längsrichtung:

L Gesamtlänge Führungswagen
E2 Höhenunterschied Führungswagen 1 und Führungswagen 2
E5 Parallelität Wagenauflage längs
K Führungswagenabstand längs

Höhenabweichung längs E2 beinhaltet auch den maximalen Maßunterschied ΔA der Führungswagen zwischen den Führungswagen einer Führungsschiene:

$$E2 = t \cdot K \cdot 10^{-5}$$

EDOKAEDF_0109

E2 Höhenunterschied Führungswagen 1 und Führungswagen 2
K Führungswagenabstand längs
t Führungswagenfaktor:
- 5 für MRA/C und BMA/C/F
- 4 für MRB/D und BMB/D/G

Parallelität Führungswagenauflage längs E5:

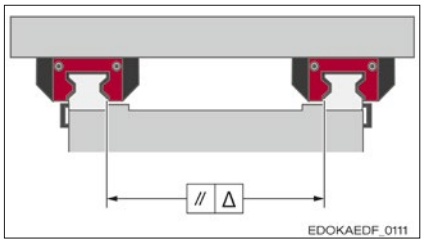
$$E5 = 4 \cdot L \cdot 10^{-5}$$

EDOKAEDF_0110

E5 Parallelität Wagenauflage längs
L Gesamtlänge Führungswagen

Zulässige Parallelitätstoleranzen der Anschlagflächen

Bei nicht parallel ausgerichteten Führungsschienen führt die Hubbewegung zu Verspannungen im Führungssystem, die die Wälzflächen zusätzlich belasten. Dadurch kann sich die Lebensdauer verkürzen. Außerdem verschlechtert sich die Ablaufgenauigkeit der Führung.
Daher sind die angegebenen Parallelitätstoleranzen Δ unter der Annahme, dass die Steifigkeit der Führungswagenaufnahme unendlich hoch ist, einzuhalten.



Zulässige Parallelitätstoleranz Δ der Anschlagflächen

Toleranzen Δ für Vorspannklassen V0 - V3 (µm)

Baugröße	V0	V1	V2	V3
15	13	12	11	6
20	13	12	11	6
25	14	13	12	7
30	16	15	14	8
35	18	17	16	9
45	22	21	20	11
55	-	25	23	13
65	-	29	27	17
100	-	35	33	20

Ebenheit der Montageflächen

Für die Ebenheit der Führungsschienenauflage E6 über die gesamte Länge wird empfohlen sich an den Werten für die Ablaufgenauigkeit in Abhängigkeit der Genauigkeitsklasse gemäß Diagramm Kapitel 4.6.3 - Ablaufgenauigkeit zu orientieren.
Die Ebenheit der Führungswagenauflage E7 sollte die Werte der unten stehenden Tabelle nicht übersteigen.

Ebenheit der Führungswagenauflage E7 bei MR und sehr steifer Anschlusskonstruktion

Baugröße	Ebenheit (µm)
25	0,5
30	0,8
35	0,8
45	1
55	1
65	2
100	2

Für Kugelprodukte und weniger steife Anschlusskonstruktionen sollten Ebenheitstoleranzen von 3 µm bis 5 µm nicht überschritten werden.

4.13.1 Schmierung im Auslieferungszustand

Die Führungswagen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen werden standardmäßig mit Öl oder Fett im Bereich der Wälzführungen konserviert ausgeliefert. Die Konservierung ist als Schutz für die Montage der Führung ausreichend. Je nach Anforderungen der Anwendung, der notwendigen Lagerdauer und der Schmierart im Betrieb kann zwischen verschiedenen Optionen gewählt werden. Bestellangaben siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS:



Öl-Schutz (Bestellcode: LN)



Fett-Schutz (Bestellcode: LG)



Vollfettung (Bestellcode: LV)

Verwendete Schmierstoffe

Schmieröl für Öl-Schutz
Schmieröl auf Mineralölbasis mit Zusätzen gegen Korrosion und Schaumbildung, mit gutem VI- und Demulgierverhalten, gute Dichtungsverträglichkeit, hohe Oxidationsstabilität, Viskositätsklasse ISO VG 32. Details siehe Kapitel 1.10 - Schmierung.

Schmierfett für Fett-Schutz
Lithium-Komplexseifenfett auf Mineralölbasis, mit Zusätzen gegen Verschleiß und Korrosion, geeignet für hohe Belastungen, weiche Konsistenz, NLGI Klasse 2

Bei den verwendeten SCHNEEBERGER-Schmierstoffen handelt es sich um Fett oder Öl auf Mineralölbasis. Diese sind mit anderen Schmierstoffen auf Mineralölbasis verträglich. Dennoch muss die Verträglichkeit mit dem eingesetzten Schmierstoff geprüft werden. In diesem Fall wenden Sie sich an eine SCHNEEBERGER-Vertretung.

Konservierungsart

Für Anwendungen, die eine kontinuierliche Schmierung in der Montage- und Betriebsphase sicherstellen, reicht ein Öl-Schutz (Bestellcode: LN) oder ein Fett-Schutz (Bestellcode: LG) aus.



Vorsicht

Bauteilschaden durch fehlenden Schmierstoff

➡ Bei einem Öl-Schutz oder einem Fett-Schutz muss vom Kunden vor der Inbetriebnahme eine Erstschmierung mit der für den Betrieb notwendigen Schmierstoffmenge durchgeführt werden. Schmiermengen siehe Kapitel 4.13.6 Schmierung mit Fett und 4.13.7 Schmierung mit Öl.



Hinweis

➡ Bei Anwendungen mit manueller Nachschmierung wird eine Vollbefettung (Bestellcode: LV) empfohlen. D. h. der Führungswagen wird im Bereich der Wälzkörperumläufe vollständig mit Fett befüllt. In diesem Fall kann eine kundenseitige Erstschmierung vor Inbetriebnahme entfallen.

4.13.2 Erstschmierung und Nachschmierung

Führungswagen dürfen niemals ohne eine Erstschmierung in Betrieb genommen werden. Bei den verwendeten Schmierstoffen ist auf Verträglichkeit mit der werkseitigen Konservierung zu achten.

Keine Schmierfette mit Feststoffschmieranteil wie Graphit oder MoS_2 verwenden. Die erforderlichen Schmiermengen den Kapiteln 4.13.6 - Schmierung mit Fett bzw. 4.13.7 - Schmierung mit Öl entnehmen.
Bei werksseitiger Vollfettung kann auf eine Erstschmierung verzichtet werden.Zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen ist neben einer Erstschmierung in der Regel auch ein regelmäßiges Nachschmieren erforderlich. Siehe Kapitel 4.13.3 - Lebensdauerschmierung.
Für die Nachschmierung denselben Schmierstoff wie für die Erstschmierung verwenden bzw. die Verträglichkeit prüfen.
Die erforderlichen Schmiermengen und Nachschmierfristen den Kapiteln 4.13.6 - Schmierung mit Fett bzw. 4.13.7 - Schmierung mit Öl entnehmen.
Die Angaben gelten für normale Betriebsbedingungen und saubere Umgebung. In der Praxis hängt der Schmierstoffverbrauch jedoch von vielen Faktoren ab und kann je nach Einsatzfall stark schwanken. Bei ungünstigen Einflüssen wie Verschmutzung, Kühlschmierstoff-Beaufschlagung, hohen Geschwindigkeiten, sehr kurzen oder sehr langen Hüben, erhöhten Temperaturen, hohen Kräften und Vibrationen ist ein häufigeres Nachschmieren notwendig.

4.13.3 Lebensdauerschmierung

Fettschmierung auch in Verbindung mit zusätzlichen Schmierstoffspendern wie der Schmierplatte SPL gilt als eine Form der Minimalmengenschmierung und wird oft auch als Lebensdauerschmierung bezeichnet. Beim Betrieb von SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen tritt prinzipbedingt durch die Linearbewegung Schmierstoff aus den Führungswagen aus und verteilt sich auf den Führungsschienen. Unter dem Einfluss von Schmutz oder Kühlschmierstoffen kann dieser Schmierstoff gebunden oder abgewaschen werden und muss somit ersetzt werden. Außerdem verändert das Fett durch Ausdiffundieren von Öl aus der Trägersubstanz seine Konsistenz.
Diese Umstände machen ein Nachschmieren erforderlich. Dies gilt auch bei der Verwendung der Schmierplatte SPL, bei der durch das zusätzliche Ölreservoir die verfügbare Schmierstoffmenge vergrößert wird und somit die Nachschmierintervalle deutlich verlängert werden.
Nachschmiermenge und -intervalle müssen unter realen Einsatzbedingungen ermittelt werden. Je nach Einsatzfall, d. h. entsprechend dem Verhältnis C/P, dem Hub des Führungswagens und Umgebungseinflüssen kann die Gebrauchsdauer des Fetts zwischen einigen hundert Stunden und mehreren Jahren betragen. In der Regel liegt die maximale Lager- und Gebrauchsdauer der Schmierstoffe bei drei bis vier Jahren, da sie einem Alterungsprozess unterliegen und nach dieser Zeit durch chemische Veränderungen unbrauchbar werden. Es wird empfohlen die Angaben der Schmierstoffhersteller zu beachten!
Eine Garantie dafür, dass mit einer Einmalschmierung die rechnerische Lebensdauer der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen erreicht wird, übernimmt SCHNEEBERGER nicht!
Ohne Nachschmierung wird die Lebensdauer der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führung von der Gebrauchsdauer des Fetts abhängen!

4.13.4 Vorsichtsmaßnahmen

Die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind ausreichend mit einem der Anwendung und den Umgebungsbedingungen angepassten Schmierstoff zu versorgen. Für die Schmierstoffauswahl empfehlen wir direkt einen Schmierstoffhersteller hinzuzuziehen.
Vor dem Einsatz von Schmierstoffen sind diese, sofern keine Erfahrungen oder Aussagen der Schmierstoffhersteller vorliegen, stets auf Verträglichkeit mit:

- Anderen eingesetzten Schmierstoffen
- Korrosionsschutzmitteln
- Kühlschmierstoffen
- Kunststoffen (Elastomere und Duroplaste), z. B. Dichtungen, Stirnplatten
- Bunt- und Leichtmetallen

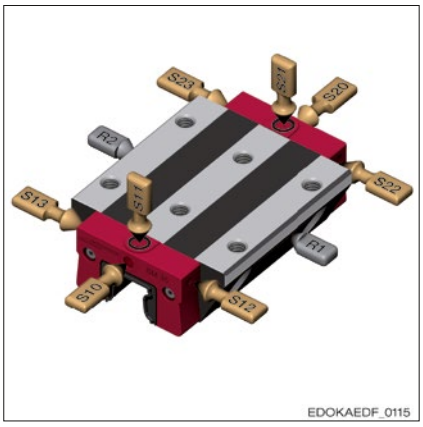
zu prüfen.

Einsatz von Kühlschmierstoffen

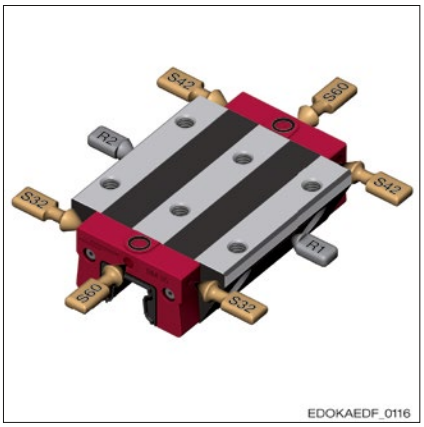
Bei Beaufschlagung der Linearführungen mit Kühlschmiermitteln kann durch deren emulgierende Wirkung der Schmierstoff aus den Führungswagen ausgewaschen und damit die Funktionsfähigkeit der Führungen beeinträchtigt werden. Daher sollten beim Einsatz von Kühlschmierstoffen unbedingt die Führungen durch Abdeckungen vor direktem Kontakt mit den flüssigen Medien geschützt werden. Die Verträglichkeit des Kühlmittels mit dem Schmierstoff ist zu prüfen. Außerdem sind die Nachschmierintervalle entsprechend zu verkürzen.

4.13.5 Schmieranschlüsse

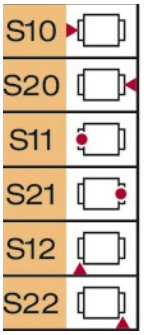
Die Stirnplatten verfügen über eine Vielzahl von Schmieranschlussmöglichkeiten. Es ist so möglich, die Schmierstoffversorgung des Führungswagens den konstruktiven Gegebenheiten optimal anzupassen. An jeden Anschluss kann entweder ein Schmiernippel eingeschraubt oder die Zentralschmierung angeschlossen werden. Standardmäßig werden alle vier Laufbahnen durch einen Anschluss mit Schmierstoff versorgt.
Als Besonderheit bieten die SCHNEEBERGER-Systeme die Möglichkeit für bestimmte Einbaulagen die Schmierung der beiden Laufbahnseiten unabhängig voneinander zu gestalten (S32, S42 und S60). Dies erhöht die Schmiersicherheit der Führung und damit die Lebensdauer der Maschine.
Lage der Schmieranschlüsse ist definiert mit Blickrichtung auf Anschlagseite R1 gemäß nachfolgenden Bildern.
Bei Schmierung von oben, wird ein O-Ring beigelegt.
Alle nicht verwendeten Schmieranschlüsse werden mit Gewindestiften verschlossen.



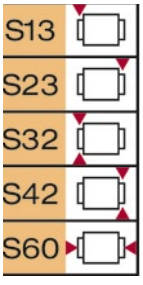
Schmieranschlüsse des Führungswagens für Standardschmierung
R1 Anschlagfläche
R2 Gegenanschlagfläche



Schmieranschlüsse des Führungswagens für unabhängige Schmierung der Laufbahnen

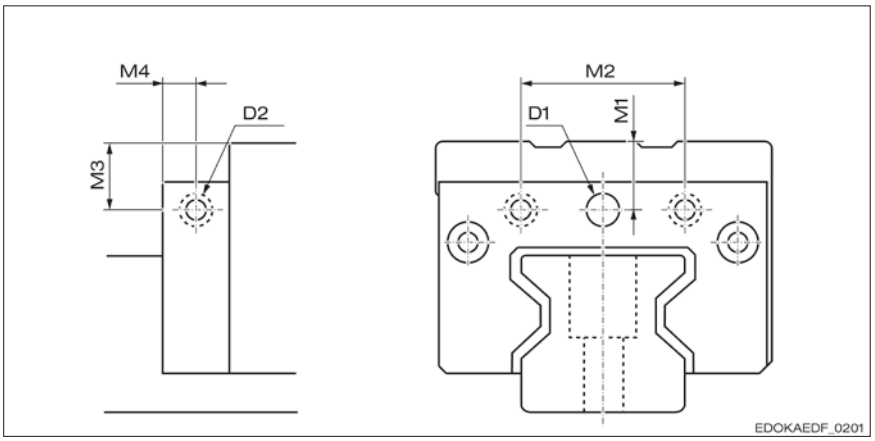


mittig links
mittig rechts
oben links
oben rechts
seitlich unten links
seitlich unten rechts



seitlich oben links
seitlich oben rechts
seitlich links
seitlich rechts
mittig

Anschlussgewinde in der Stirnplatte vorne und seitlich



Anschlussgewinde in der Stirnplatte vorne und seitlich:

D1	Anschlussgewindedurchmesser vorne	M2*	Abstandsmaß Schmierung Stirnplatte vorne
D2	Anschlussgewindedurchmesser seitlich	M3	Abstandsmaß Schmierung Stirnplatte seitlich
M1	Abstandsmaß Schmierung Stirnplatte vorne	M4	Abstandsmaß Schmierung Stirnplatte seitlich

*Anschluss für optionale Schmiermöglichkeit

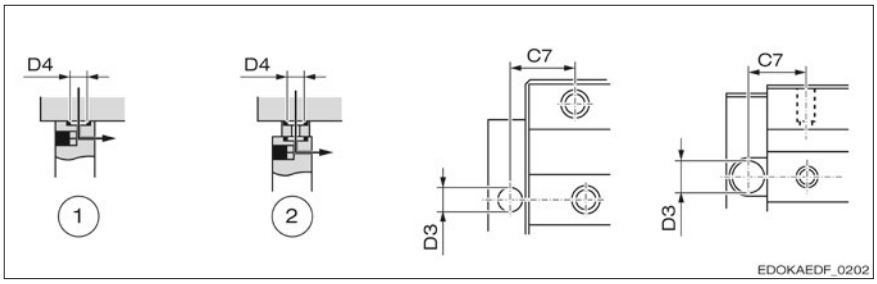
Bauform	Maße (mm)							
	M1	M2	M3	M4	D1	D2		
MRA/B/F/G 25	5,5	-	-	-	M6	-		
MRC/D/E 25	9,5	-	-	-	M6	-		
MRA/B 35	7	32	7	6,5	M6	M6		
MRC/D/E 35	14	32	14	6,5	M6	M6		
MRA/B/F 45	8	40	8	7,5	M6	M6		
MRC/D 45	18	40	18	7,5	M6	M6		
MRA/B/G 55	9	50	9	8,5	M6	M6		
MRC/D 55	19	50	19	8,5	M6	M6		
MRA/C 65	13	64	13	12,5	M6	M6		
MRB/D 65	13	64	13	12,5	M6	M6		
MRB 100	12,5	124,5	12,5	33	M6	M6		

Bauform	Maße (mm)							
	M1	M2	M3	M4	D1	D2		
BMA/F 15	4	-	4	4	M3	M3		
BMC 15	8	-	8	4	M3	M3		
BMA/B 20	5,2	-	5,2	5	M6	M3		
BMC/D 20	5,2	-	5,2	5	M6	M3		
BMA/B/F/G 25	5,5	-	5,5	6	M6	M6		
BMC/D/E 25	9,5	-	9,5	6	M6	M6		
BMA/B/F/G 30	7	-	7	6	M6	M6		
BMC/D/E 30	10	-	10	6	M6	M6		
BMA/B/F/G 35	7	-	7	6,5	M6	M6		
BMC/D/E 35	14	-	14	6,5	M6	M6		
BMA/B/F/G 45	8	-	8	7,5	M6	M6		
BMC/D 45	18	-	18	7,5	M6	M6		

Schmieranschluss von oben

Die Schmierung kann auch von oben erfolgen. Auch hier ist die gewünscht Lage bei der Bestellung anzugeben. Die notwendigen Umrüstarbeiten werden von SCHNEEBERGER durchgeführt.

Bestellangabe: oben links: -S11
oben rechts: -S21



Schmieranschlüsse von oben:

1	für MRA/MRB, BMA/BMB, BMC/BMD, BME, BMF/BMG	D3	Senkungsdurchmesser
2	für MRC/MRD, MRE	D4	Maximaler Durchmesser Schmierbohrung
		C7	Abstand Befestigungsbohrung zur Schmierbohrung

C7 (mm)	MR 25	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	MR 100		
MRA	12	14	17	21,5	27,75	-		
MRB	23,2	27,5	34,5	42,5	54	67		
MRC	17	20	27	31,5	47,75	-		
MRD	20,7	22,5	34,5	42,5	49	-		
MRE	17	20	-	-	-	-		
MRF	17	-	27	-	-	-		
MRG	20,7	-	-	42,5	-	-		
D4	6	6	6	6	6	8		
D3	10	10	10	10	10	12,4		

C7 (mm)	BM 15	BM 20	BM 25	BM 30	BM 35	BM 45		
BMA	9,05	10,25	13,5	15,7	15,8	17,05		
BMB	-	18,25	23	26,7	28,55	32,8		
BMC	11,05	12,25	18,5	21,7	21,8	27,05		
BMD	-	13,25	20,5	22,7	23,55	32,8		
BME	-	-	18,5	21,7	21,8	-		
BMF	11,05	-	18,5	21,7	21,8	27,05		
BMG	-	-	20,5	22,7	23,55	32,8		
D4	4	6	8	8	8	8		
D3	8	10	12	12	12	12		

Für die Abdichtung des Schmieranschlusses sind O-Ringe notwendig. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Größe des O-Ringes für den jeweiligen Wagentyp. Wobei D5 den O-Ring-Innendurchmesser und D6 die O-Ring-Schnurdicke bezeichnet.

Bauform	D5	x	D6				
BM 15	4,48	x	1,78				
BM 20, MR 25-55	6.75	x	1,78				
BM 25-45, MR 100	7.3	x	2.2				
MR 65	6,5	x	2				

Standardmäßig lieferbare Schmieroptionen und Bestellangaben siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS. Die Bezeichnung Sxx wird im Bestellcode des Führungswagens benötigt. Weitere Schmieranschlussmöglichkeiten für spezielle Einsatzfälle sind auf Anfrage verfügbar.

4.13.6 Schmierung mit Fett

SCHNEEBERGER empfiehlt Schmierfett KP2K nach DIN 51825 oder Fließfett GP00N und GP000N nach DIN 51826.

Erstschmierung

Vor Inbetriebnahme muss eine Erstbefettung der Führungswagen mit den angegebenen Mengen für Erstschmierung erfolgen. Dies gilt auch, wenn nachträglich die Verwendung von Schmierplatten vorgesehen ist. Die angegebenen Mengen gelten pro Führungswagen. Falls zwei Anschlüsse pro Führungswagen verwendet werden, sind die Werte entsprechend zu halbieren.



Hinweis

➡ Während der Befettung muss der Führungswagen mehrmals um seine 3-fache Länge verfahren werden, mindestens jedoch um die einfache Führungswagenlänge bei beidseitiger Schmierung. Für den Fall, dass der maximale Hub < Führungswagenlänge ist, Kapitel 4.13.8 - Applikationswissen Schmierung - Anforderung an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen beachten.

Wagenbauformen MR*	MR 25	MR 30	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	MR 100
A, C, E, F	1.9	2.2	2.9	5.5	9.1	15.5	32
B, D, G	2.2	2.8	3.8	6.9	11.2	20.2	40
P	-	-	-	-	-	24.8	-
Wagenbauformen BM*	BM 15	BM 20	BM 25	BM 30	BM 35	BM 45	
A, C, E, F, H, L	0.9	1.7	2.8	4.7	6.6	12.6	
B, D, G	1.6	2.1	3.5	5.8	8.1	15.6	
J, K, M, N	0.7	1.4	1.9	3.3	4.7	-	

Anmerkung: * Fettmenge je Führungswagen (cm^3)

Nachschmiermengen und Intervalle

Das Nachschmieren sollte in Abhängigkeit von Führungswagenbelastung und äußeren Faktoren erfolgen. Als Richtwert kann bei einer Geschwindigkeit v = 1 m/s, normaler Temperatur T = 20°C -30°C und einem Verhältnis C/P ≥2 mit folgender Formel gerechnet werden:

$$\text{Nachschmierintervall} = C / P \cdot 100\ \text{km}$$

EDOKAEDF_0117

C dynamische Tragzahl
P dynamisch äquivalente Kraft

Das Verhältnis C/P ist das Verhältnis zwischen dynamischer Tragzahl C_{100} (Werte siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS) und der dynamisch äquivalenten Kraft P (siehe Kapitel 4.8.2 - Berechnung der Lebensdauer).
Die gemäß diesem Intervall zuzuführende Menge Schmierstoff ist nachfolgender Tabelle zu entnehmen:

Wagenbauformen MR*	MR 25	MR 30	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	MR 100
A, C, E, F	0.4	0.8	1.1	2.1	3.2	5.9	13.6
B, D, G	0.5	0.9	1.3	2.4	4	7.4	17
P	-	-	-	-	-	9.4	-
Wagenbauformen BM*	BM 15	BM 20	BM 25	BM 30	BM 35	BM 45	
A, C, E, F, H, L	0.3	0.6	1.1	1.7	2.5	5	
B, D, G	0.4	0.8	1.4	2.1	3.2	6.1	
J, K, M, N	0.3	0.5	0.9	1.5	2.1	-	

Anmerkung: * Fettmenge je Führungswagen (cm^3)



Hinweis

➡ Die angegebenen Schmiermengen und Schmierintervalle gelten sowohl für Fett als auch für Fließfett.

➡ Die Schmiermengen für MONORAIL MR Führungswagen werden auch angewendet für AMSA 3B, AMSD 3B und AMSABS 3B, die Schmiermengen für MONORAIL BM Führungswagen gelten auch für AMSA 4B, AMSD 4B, AMSABS 4B und BZ Führungswagen.

Die vorstehend angegebenen Werte sind nur Richtwerte. Eine genaue Festlegung der Mengen und Intervalle kann nur unter realen Einsatzbedingungen erfolgen. Die Schmierung ist ausreichend, wenn sich auf der Führungsschienenoberfläche ein deutlich sichtbarer Fettfilm abzeichnet. Unabhängig von der Laufleistung empfehlen wir mindestens alle 3 Monate nachzuschmieren. Bei ungünstigen Betriebs- und Umgebungsbedingungen, vor allem bei Kühlschmierstoffbeaufschlagung, starker Verschmutzung, hohen Belastungen und Temperaturen ist ein häufigeres Schmieren erforderlich.

4.13.7 Schmierung mit Öl

Erstschmierung

Vor Inbetriebnahme sind die Führungswagen mit den angegebenen Werten für Erstschmierung zu füllen. Hierbei sollte die gesamte Ölmenge in einem Impuls oder in mehreren kurz aufeinander folgenden Impulsen eingespritzt werden und zwar während der Führungswagen verfahren wird. Die angegebenen Mengen gelten pro Führungswagen bei einem Anschluss. Falls zwei Anschlüsse pro Führungswagen verwendet werden, sind die Werte entsprechend zu halbieren. Bei besonderer Einbaulage oder Kurzhub sind die Hinweise im Kapitel 4.13.8 - Applikationswissen Schmierung - Anforderung an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen zu beachten.

Wagenbauformen MR*	MR 25	MR 30	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	MR 100
Beliebige Einbaulage	0.3	0.45	0.6	0.9	1.4	2	2.3
Wagenbauformen BM*	**BM 15**	**BM 20**	**BM 25**	**BM 30**	**BM 35**	**BM 45**	
Beliebige Einbaulage	0.2	0.5	0.6	0.9	1.1	1.2	

Anmerkung: * Ölmenge je Führungswagen für alle Führungswagenbauformen (cm^3)

Nachschmiermengen und Intervalle

Das Nachschmieren sollte in Abhängigkeit von der Führungswagenbelastung und äußeren Faktoren erfolgen. Als Richtwert kann bei einer Geschwindigkeit v = 1 m/s, normaler Temperatur T = 20°C -30°C und einem Verhältnis C/P ≥ 2 folgendes Intervall für die Nachschmierung angenommen werden:

$$\text{Nachschmierintervall} = 30\ \text{km}$$

EDOKAEDF_0118

Die gemäß diesem Intervall zuzuführende Schmiermenge ist nachfolgender Tabelle zu entnehmen:

Wagenbauformen MR*	MR 25	MR 30	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	MR 100
Normale Einbaulage	0.15	0.2	0.25	0.35	0.5	0.7	1.2
Beliebige Einbaulage	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.2	2.3
Wagenbauformen BM*	**BM 15**	**BM 20**	**BM 25**	**BM 30**	**BM 35**	**BM 45**	
Normale Einbaulage	0.07	0.17	0.2	0.3	0.35	0.4	
Beliebige Einbaulage	0.14	0.34	0.4	0.6	0.7	0.8	

Anmerkung: * Ölmenge je Führungswagen für alle Führungswagenbauformen (cm^3)

Die benötigte Anzahl Impulse errechnet sich als Quotient aus der Nachschmiermenge gemäß Tabelle und der eingesetzten Kolbenverteilergröße. Der Schmierzyklus ergibt sich dann aus der Teilung des Nachschmierintervalls durch die ermittelte Impulszahl.

$$\text{Schmierzyklus [h]} = \frac{\text{Kolbenverteilergröße [cm}^3\text{]} \cdot \text{Nachschmierintervall [h]}}{\text{Nachschmiermenge [cm}^3\text{]}}$$

EDOKAEDF_0119

Beispiel:
Mit v = 0,2 m/s und 100% Einschaltdauer entspricht das Schmierintervall von 30 km etwa 40 Betriebsstunden. Bei einer Nachschmiermenge von 0,5 cm^3 für MR 55 in normaler Einbaulage gemäß Tabelle und einer Kolbenverteilergröße von 0,1 cm^3 folgt hieraus z. B. eine Impuls-Ölmenge von 0,1 cm^3 alle 8 Stunden (8 h = 0,1 cm^3 / 0,5 cm^3 * 40 h).



Hinweis

- Bei besonderer Einbaulage oder Kurzhub sind die Schmierhinweise im Kapitel 4.13.8 - Applikationswissen Schmierung - Anforderung an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen zu beachten.
- Die Schmiermengen für MONORAIL MR Führungswagen gelten entsprechend für AMSA 3B und AMSD 3B, die Schmiermengen für MONORAIL BM Führungswagen gelten auch für AMSA 4B, AMSD 4B und BZ Führungswagen.

Die vorstehend angegebenen Werte sind nur Richtwerte. Eine genaue Festlegung der Mengen und Intervalle kann nur unter realen Einsatzbedingungen erfolgen. Die Schmierung ist ausreichend, wenn beim Verschieben des Führungswagens vor dem Abstreifer eine Ansammlung von Schmiermittel bildet, bzw. an den Umkehrpunkten des Führungswagens auf der Führungsschiene eine Ansammlung von Schmiermittel bildet. Es ist empfehlenswert, im Betrieb mindestens einmal im Monat und nach längerem Maschinenstillstand vor der Wiederinbetriebnahme nachzuschmieren. Bei ungünstigen Betriebs- und Umgebungsbedingungen, vor allem bei Kühlschmierstoffbeaufschlagung, starker Verschmutzung, hohen Belastungen und Temperaturen ist ein häufigeres Schmieren erforderlich.

4.13.8 Applikationswissen Schmierung - Anforderungen an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen

Die Wahl des Schmiersystems für ein Linearführungssystem wird wesentlich von der Art der Anwendung und den Einsatzbedingungen beeinflusst. Spezifische Anwendungen stellen besondere Anforderungen an

- Schmierstoffart und Schmierstoffeigenschaften
- Art der Einbringung
- Lage der Schmieranschlüsse
- Schmiermenge und Schmierzyklen

Des weiteren haben verschiedene Faktoren Einfluss auf die Schmierhäufigkeit:

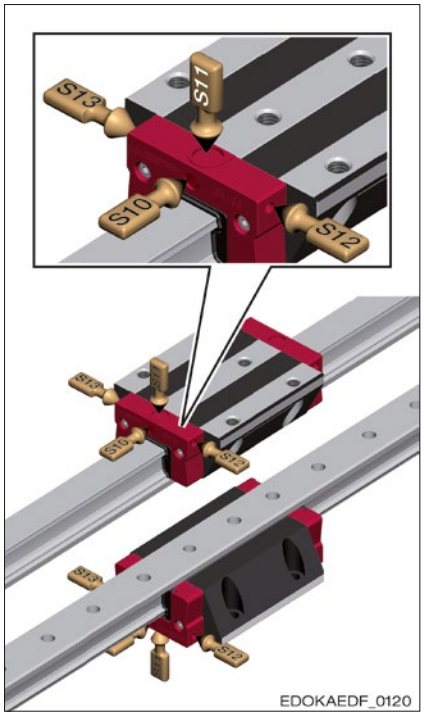
- Kühlmitteleinfluss: Auswascheffekte durch Kühlschmiermittel
- Längen- und Hubverhältnis der Bewegung des Führungswagens
- Maschinenseitige Abdeckungen
- Art der Führungswagenabdichtung: Leichlaufabstreifer, Zusatzabstreifer

Bei Verwendung einer Zentralschmieranlage ist neben der Wahl des Schmieranschlusses und eines geeigneten Schmierstoffes darauf zu achten, dass die Schmierstoffleitungen möglichst kurz und ausreichend dimensioniert sind. Kolbenverteiler sollten möglichst nahe an den Schmierstellen angebracht sein. Es sind die Hinweise der Schmieranlagenhersteller zu beachten.

Nachfolgend werden typische Einsatzfälle und deren Anforderungen beschrieben:

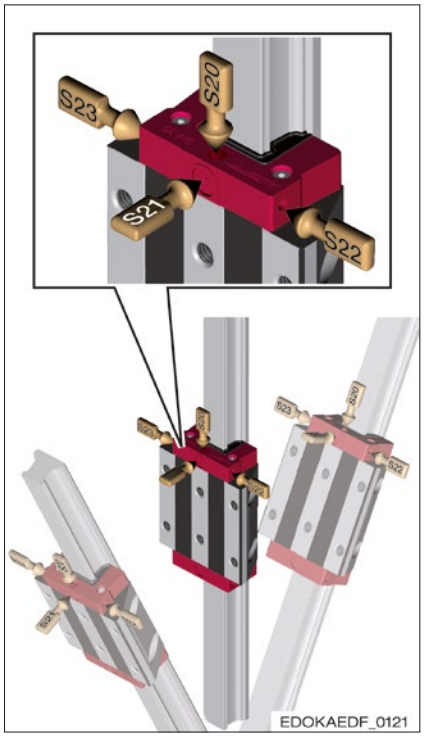
Einbaulage

Bei Fettschmierung ist in jeder Einbaulage sichergestellt, dass mit einem Schmieranschluss alle vier Laufbahnen des Führungswagens mit Schmierstoff versorgt werden. Bei Ölschmierung und horizontalem oder vertikalem Einbau sind ebenfalls keine besonderen Vorkehrungen zu treffen. Aufgrund der angepassten Schmierkanalquerschnitte in den Stirnplatten gilt dies auch für einen um 180° um die Führungsschienenlängsachse gedrehten Einbau der Führungen.



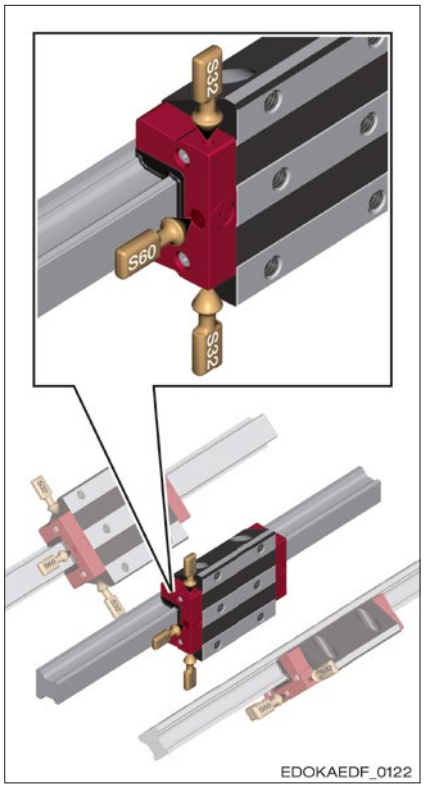
Ölschmierung bei horizontalem Einbau
– Schmieranschlüsse S10 bis S23 können verwendet werden.

Bei vertikalem oder um die Querachse geneigtem Einbau ist der Schmieranschluss in der oberen Stirnplatte vorzusehen.



Ölschmierung bei vertikalem, und um die Querachse geneigten, Einbau
– Schmieranschlüsse S10 bis S23 können verwendet werden.

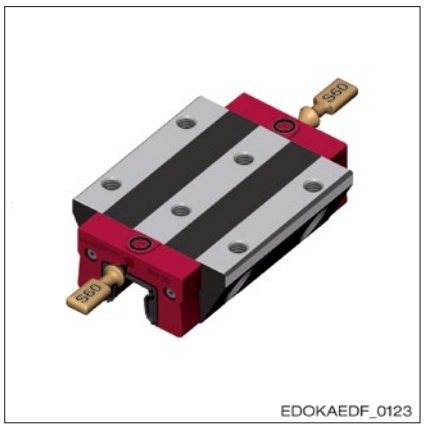
Ist Ölschmierung oder eine Schmierung mit Fließfett NLGI-Klasse 000 und ein um die Führungsschienenlängsachse geneigter Einbau vorgesehen, sind besondere Maßnahmen notwendig, da Öl aufgrund seiner geringeren Viskosität die Tendenz hat, durch die Schwerkraft nach unten und somit zu einer Laufbahnseite zu fließen. Es ist sicherzustellen, dass alle vier Laufbahnen der Führungswagen mit ausreichend Schmierstoff versorgt werden. Dies geschieht je nach Führungsbauform auf unterschiedliche Weise.



Um die Führungsschienenlängsachse geneigter Einbau

– Getrennte Schmierung verwenden.
– Schmieranschlüsse S32, S42 und S60.

Nachfolgende Beschreibungen geben einen Überblick über die je nach Führungswagenbauform erforderlichen Maßnahmen zur Sicherstellung der Schmierung bei Ölschmierung und bei Einbaulage gedeht um die Längsachse:



Bauform

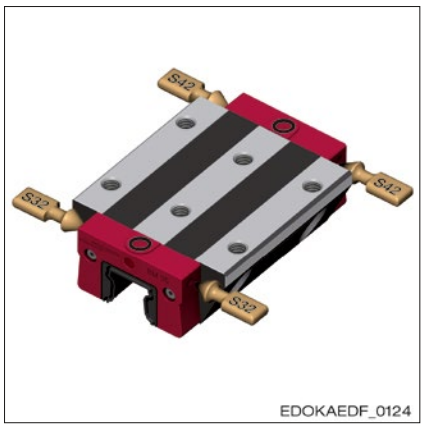
– MR 25

Maßnahme

– Getrennte Schmierung
– 2 Anschlüsse pro Führungswagen vorne mittig
– Bestellcode -S60-

Schmieranschlüsse

– S60



Bauform
– MR 35 - MR 100
– BM 15 - BM 45

Maßnahme
– Getrennte Schmierung
– 2 Anschlüsse pro Führungswagen seitlich
– Bestellcode -S32- oder -S42-
– abhängig von der Einbaulage

Schmieranschlüsse
– S32
– S42

Hinweis
➡ Bei besonderen Einbaulagen sollte der Kunde schon bei der Anfrage eine Einbauzeichnung beilegen um eine Empfehlung von SCHNEEBERGER einzuholen.

Bei nur einem Schmieranschluss pro Führungswagen ist Fett oder Fließfett einer Ölschmierung vorzuziehen. Siehe Kapitel 4.13 - Schmierung.
Die Angaben für MONORAIL BM gelten auch für die Führungswagen bei MONORAIL BZ. Bei Systemen mit MONORAIL AMS und besonderer Einbaulage sollte der Kunde eine Empfehlung zur Schmierung bei SCHNEEBERGER einholen.

Kühlschmierstoffe
Bei direktem Kontakt der Linearführungen mit wasserlöslichen Kühlschmierstoffen besteht durch deren emulgierendes Verhalten die Gefahr, dass sie sich mit dem Schmierstoff vermischen und ihn abwaschen, was in der Folge zu Mangelschmierung und Korrosion der metallischen Oberflächen führen kann.
Daher dürfen nur Schmierstoffe verwendet werden, die eine hohe Korrosionsbeständigkeit und gutes Demulgierverhalten aufweisen. Außerdem muss in größeren Mengen und kürzeren Abständen nachgeschmiert werden.

Einsatz von wässrigen Medien, Laugen und Säuren
Bei Anwendungen bei denen die Linearführungen aggressiven flüssigen Medien ausgesetzt sind wie z. B. Kondens- oder Spritzwasser, Salzlösungen oder verdünnten Säuren und Laugen, sollten Schmierfette mit korrosionshemmenden Eigenschaften eingesetzt werden. Sie müssen außerdem ein gutes Demulgierverhalten sowie hohes Haftvermögen und eine gute Dichtwirkung aufweisen, um zu verhindern, dass der Schmierstoff abgewaschen wird oder sich mit den angreifenden Medien vermischt. Schmieröle sind für diese Anwendungsfälle in der Regel nicht geeignet.

Hohe Kräfte
Bei hohen dynamischen Kräften besteht die Gefahr, dass aufgrund der hohen Flächenpressung an den Kontaktstellen der Schmierfilm abreißt und es zu erhöhtem Verschleiß aufgrund von Mangelschmierung kommt.
Solche Anwendungen erfordern Schmierstoffe mit sogenannten EP-Zusätzen (EP = „Extreme Pressure“) und hoher Scherfestigkeit. Dies sind z. B. Schmierfette mit der Kennzeichnung KP oder GP, die für Anwendungen mit hoher Kraft besser geeignet sind als Schmieröle. Bei Schmierölen ist darauf zu achten dass sie mindestens die Klassifikation CLP und eine hohe Viskosität aufweisen.
Zur Erhöhung der Druckaufnahme und zur Vermeidung von Verschleiß werden oft Festschmierstoffe wie Molybdänsulfid und Graphit verwendet. Festschmierstoffe mindern den Verschleiß in der Anlaufphase oder in Notlaufsituationen. Molybdänsulfid und Graphit können allerdings bei Wälzlagern und Profilschienenführungen

unebene Ablagerungen bilden. Diese Unebenheiten können auf den Wälzkörpern zu örtlichen Spannungskonzentrationen und damit zu vorzeitigen Ausfällen führen.

Hohe Geschwindigkeiten
Für hohe Geschwindigkeiten werden Schmierstoffe mit geringer Viskosität, also mit geringer innerer Reibung und guter Wärmeabfuhr benötigt. Hierfür sind Schmieröle besser geeignet als Schmierfette.

Kurzhub und Schwingungen
Unter Kurzhub werden Hübe kleiner zweifache Führungswagenlänge verstanden, da hier die Wälzkörper im Führungswagen nicht mehr komplett umlaufen und somit der Schmierstoff im Führungswagen nicht mehr optimal verteilt werden kann.
In diesem Fall sind zwei Schmieranschlüsse pro Führungswagen empfehlenswert, d. h. eine Schmierung von beiden Seiten. Die Schmiermengen je Führungswagen bleiben jedoch gleich, d. h. die ausgewiesenen Tabellenwerte im entsprechenden Kapitel werden pro Anschluss halbiert.
Bei sehr kleinen Hüben in der Größenordnung der Wälzkörperdurchmesser oder bei Schwingungen kommt es an den Wälzkörperkontaktstellen zu oszillierenden Gleit- und Wälzbewegungen, die den Schmierfilm zerstören können mit der Gefahr von Tribokorrosion und vorzeitigem Führungsausfall.
Dies erfordert Schmierstoffe mit hohem Druckaufnahmevermögen, gutem Benetzungsverhalten und Korrosionsschutzeigenschaften.
Fettschmierung ist einer Ölschmierung vorzuziehen, wobei aufgrund der verkürzten Fettlebensdauer ein häufigeres Nachschmieren erforderlich ist als unter Normalbedingungen.
Im Fall von Ölschmierung Öl mit hoher Viskosität VG 220 verwenden.
Des weiteren wird empfohlen bei oben genannten Anwendungen wenn möglich gelegentlich einen sogenannten Schmierhub (Fahrweg > 2x Wagenlänge) durchzuführen.

Langhub
Bei langen Hüben wird mehr Schmierstoff aus den Führungswagen ausgetragen und über eine größere Fläche verteilt. Dies erfordert größere Schmiermengen und kürzere Schmierintervalle als bei Normalhub. Vor Inbetriebnahme sollte die gesamte Führungsschienenoberfläche mit dem Schmierstoff der Linearführung eingerieben werden, damit sich von Anfang an ein geschlossener Schmierfilm auf den Laufbahnen und unter den Abstreifern befindet.

Temperatur
Die Fähigkeit zur Bildung eines stabilen Schmierfilmes unter bestimmten Einsatzbedingungen wird wesentlich von der Viskosität des Schmierstoffes bestimmt. Schmieröle und Schmierfette haben die Eigenschaft, dass ihre Viskosität von der Temperatur abhängt. Sie nimmt mit steigender Temperatur ab und mit fallender Temperatur zu. Das bedeutet, dass der Schmierstoff bei tiefen Temperaturen zähflüssiger ist als bei hohen Temperaturen. Aus diesem Grund besitzt jeder Schmierstoff einen bestimmten Temperatureinsatzbereich, in dem seine Schmiereigenschaften zugesichert werden können. Dieser Temperaturbereich ist bei synthetischen Schmierstoffen in der Regel größer als bei mineralischen, da bei ihnen das Viskositäts-Temperatur-Verhalten nicht so stark ausgeprägt ist.
Zur Aufrechterhaltung der Schmiersicherheit in jedem Betriebszustand ist also darauf zu achten, dass ein Schmierstoff gewählt wird, dessen zulässiger Temperaturbereich sämtliche im Betrieb auftretende Temperaturen abdeckt.
Da die meisten Anwendungen von Linerführungen bei normalen Temperaturen von ca. 0°C bis +40°C stattfinden, reichen hier in der Regel Standardschmierfette und Standardöle aus.
Bei sehr tiefen Temperaturen wird jedoch ein Spezialschmierstoff mit geringerer Viskosität benötigt und bei sehr hohen Temperaturen ein Schmierstoff mit hoher Viskosität.
Daneben ist aber auch der zulässige Temperatureinsatzbereich der Linearführungen zu beachten.

Verschmutzung, Schleifstaub

Wenn Linearführungen im Betrieb Verschmutzungen wie z. B. Stäuben oder feinen Spänen aus dem Bearbeitungsprozess ausgesetzt sind, muss verhindert werden, dass diese Verunreinigungen in den Führungswagen eindringen. Daher ist neben der Schmierung ein guter Schutz der Führungswagen durch entsprechende Abdeckungen und zusätzliche Abstreifer von großer Bedeutung.
Prinzipiell können sowohl Schmieröle wegen ihres Spüleffektes als auch Schmierfette aufgrund der abdichtenden Eigenschaften eingesetzt werden. Gegenüber Normalbedingungen muss mit mehr Schmierstoff in kürzeren Abständen nachgeschmiert werden. Bei Stäuben aller Art können handelsübliche Öl-Luft-Schmierungen eingesetzt, die durch einen Überdruck im Führungswagen einen Sperrlufteffekt erzeugen und somit ein Eindringen des Staubes verhindert. MONORAIL Führungswagen eignen sich hierfür auf Grund ihrer guten Abdichtung.
Außerdem sollten regelmäßig Reinigungshübe gefahren werden, um die Führungsschienenoberfläche von anhaftenden Verunreinigungen zu befreien. Ebenso sollte vor einem längeren Stillstand der Maschine, z. B. Wochenenden, ein Reinigunshub ausgeführt werden.

Werkzeugmaschinen
Generell kann davon ausgegangen werden, dass bei Anwendungen in Werkzeugmaschinen hohe statisch und dynamische Kräfte auftreten, dass oft flüssige Medien z. B. Kühlschmierstoffe auf die Führungen einwirken und dass die Linearführungen über einen langen Zeitraum bzw. hohe Laufstrecken eingesetzt werden.
Dies erfordert von den Schmierstoffen folgende Eigenschaften:

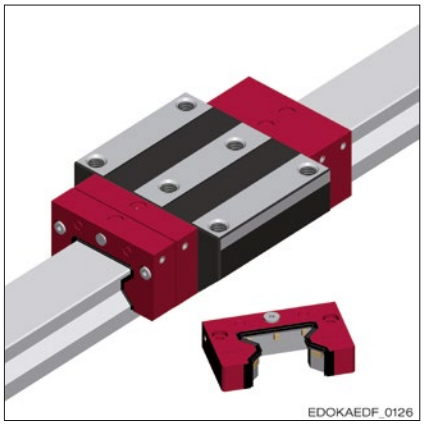
- Gutes Krafttragevermögen
- Hochdruckbeständigkeit
- Alterungsbeständigkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- Förderbarkeit in Zentralschmieranlagen

Reinraum
Beim Einsatz unter Reinraumbedingungen dürfen von der Linearführung, z. B. von den Dichtungen, und den Schmierstoffen keinerlei Partikelemissionen ausgehen. Weitere Anforderungen sind eine geringe und gleichmäßige Verschiebekraft der Führungswagen und weitestgehende Wartungsfreiheit. Oft wird auf Abstreifer an den Führungswagen verzichtet.
Aufgrund ihrer Dichtwirkung werden meist Schmierfette eingesetzt. Sie sollten für Langzeitschmierung geeignet sein, niedere Verdampfungsraten sowie gutes Haftvermögen aufweisen und Leichtlaufeigenschaften besitzen.

Hoch-Vakuum
Für Anwendungen im Vakuum ist es wichtig, dass der Schmierstoff auch bei höheren Temperaturen nicht ausgast und Bestandteile in die Atmosphäre abgibt. Daher werden hier spezielle Schmierfette verwendet, die sehr geringe Dampfdrücke aufweisen.

Zahnstangenantriebe
Für die Schmierung von Zahnstangen und Zahnrädern kommt sowohl Öl als auch Fettschmierung zum Einsatz.
Bei manueller Pinsel-Schmierung wird Schmierfett verwendet. Bei dem integriertem Zahnstangenantrieb der Linearführung MONORAIL BZ erfolgt die Schmierstoffversorgung der Verzahnungen meist kontinuierlich über ein Schmierritzel aus Filz, das von einem Schmierstoff-spender gespeist wird. Hier kommt entweder ein hochviskoses Schmieröl z. B. ISO VG 460 oder Fließfett der NLGI-Klasse 0 zum Einsatz.
Generell sollten die Schmierstoffe ein gutes Krafttragevermögen und hohe Scherfestigkeit aufweisen sowie eine ausreichende Haftfestigkeit und hohe Viskosität um zu verhindern, dass der Schmierstoff von den Ritzeln abgeschleudert wird.

4.13.9 Schmierplatte SPL



Wagen mit Schmierplatte SPL

Funktion und Anwendung
Schmierplatten SPL besitzen ein integriertes Ölreservoir und werden auf beiden Seiten des Führungswagens jeweils vor die Stirnplatten montiert. Sie versorgen über mehrere Kontaktstellen die Wälzkörperlaufbahnen und die Oberseite der Führungsschiene gleichmäßig und über einen langen Zeitraum mit Schmierstoff. Somit werden auch die Dichtungen am Führungswagen vor Verschleiß geschützt und ihre Lebensdauer verlängert. Zusammen mit einer Erstschmierung der Führungswagen mit Fett können mit den Schmierplatten unter günstigen Bedingungen die Wartungsintervalle wesentlich verlängert werden. Idealerweise werden sie in trockener und sauberer Umgebung, wie z. B. in der Handhabungstechnik oder in Nebenachsen von Werkzeugmaschinen eingesetzt.

Einbaulagen
Die SPL gewährleistet eine sichere Schmierstoffversorgung in allen Einbaulagen.

Auslieferzustand und Füllmengen

Allgemeines
Die SPL wird grundsätzlich montagefertig, d. h. ölbefüllt ausgeliefert. Die Schmieranschlüsse zur Nachschmierung frontseitig sowie seitlich an den Schmalseiten sind jeweils mit einem Gewindestift beziehungsweise einer Schraube verschlossen.

Auslieferung montiert am Führungswagen
Bei Auslieferung zusammen mit einem MONORAIL-System oder einzelnen Führungswagen sind jeweils zwei Schmierplatten am Führungswagen werksseitig montiert. Die Führungswagen sind zusätzlich mit einem Wälzlagerfett (Lithiumseifenfett auf Mineralölbasis) erstbefüllt.

Auslieferung als Zubehör/Einzelteil (Bestellnummer)
Bei Lieferung der SPL zur Nachrüstung werden diese paarweise montagefertig, d. h. ölbefüllt, ausgeliefert.

Erstfüllung ab Werk

Die SPL ist werksseitig mit Mineralöl vom Typ KLÜBER Lamora D 220 befüllt und somit sofort gebrauchsfertig.

SPL xx-MR*	MR 25	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	-
	3,1	9,4	15,6	26,8	61	-
SPL xx-BM*	**BM 15**	**BM 20**	**BM 25**	**BM 30**	**BM 35**	**BM 45**
	0,7	2	3,4	4,1	8,3	15,6

Anmerkung: * Ölmenge je 1x SPL (cm^3)

Nachfüllmengen und Intervalle

Das Nachfüllen der Schmierplatten sollte in Abhängigkeit von der Belastung und sonstigen Einsatzbedingungen der Führungen erfolgen. Als Richtwert können folgende Nachfüllintervalle angenommen werden:

SPL - MR*	MR 25	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	-
	2500 km	2500 km	5000 km	5000 km	5000 km	-
SPL - BM*	**BM 15**	**BM 20**	**BM 25**	**BM 30**	**BM 35**	**BM 45**
	2500 km	2500 km	2500 km	2500 km	2500 km	5000 km

Die gemäß diesen Nachschmierintervallen zuzuführende Menge Öl ist nachfolgender Tabelle zu entnehmen:

SPL xx-MR*	MR 25	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65	-
	2,2	7	11	19	43	-
SPL xx-BM*	**BM 15**	**BM 20**	**BM 25**	**BM 30**	**BM 35**	**BM 45**
	0,5	1,4	2,4	2,9	5,8	10,9

Anmerkung: * Ölmenge je 1x SPL (cm^3)



Hinweis

➡ Für die Nachfüllung der Schmierplatten ist Öl vom Typ KLÜBER Lamora D 220 zu verwenden. Spezielle Ölfläschchen sind als Zubehör erhältlich. Für die Befüllung mit anderen Schmierstoffen übernimmt SCHNEEBERGER keine Haftung. Näheres hierzu im Kapitel Betrieb, Wartung und Service.

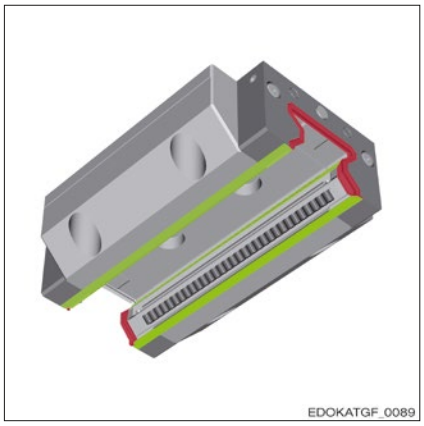
Die SPL wird über Schmierbohrungen vorne mittig oder seitlich nachgefüllt. Eine detaillierte Beschreibung enthält die Montageanleitung SPL, die unter www.schneeberger.com und Downloads heruntergeladen werden kann.
Die vorstehend angegebenen Werte sind nur Richtwerte. Eine genaue Festlegung der Nachfüllmengen und Intervalle kann nur unter realen Einsatzbedingungen erfolgen. Die Schmierung ist ausreichend, wenn sich auf der Führungsschienenoberfläche ein deutlich sichtbarer Ölfilm abzeichnet. Unabhängig von der Laufstrecke ist maximal nach 12 Monaten ein Nachfüllen notwendig. Bei ungünstigen Betriebs- und Umgebungsbedingungen, vor allem bei Verschmutzung, hohen Belastungen und Temperaturen ist ein häufigeres Nachfüllen erforderlich.
Falls Schmierplatten nachgerüstet werden, ist an den Führungswagen zusätzlich eine Befüllung mit Fett durchzuführen.
Empfohlene Schmiermengen sind im Kapitel Schmierung mit Fett zu finden. Beim Nachrüstungen von BM Führungswagen beachten, dass die Stirnplatte beim Lösen der Befestigungsschrauben festgehalten werden muss, da sonst die Kugeln herausfallen.

Einsatz von Kühlschmierstoffen

Bei Anwendungen mit Kühlschmierstoffen ist dafür zu sorgen, dass die Linearführungen durch entsprechende Abdeckungen und Zusatzabstreifer an den Führungswagen vor direktem Kontakt mit den flüssigen Medien geschützt sind.
Bei direkter Beaufschlagung der Führungen mit Kühlschmierstoffen wird wegen der Gefahr des Auswaschens des Schmieröles aus der SPL von deren Einsatz abgeraten.

4.14.1 Standard - Dichtungen

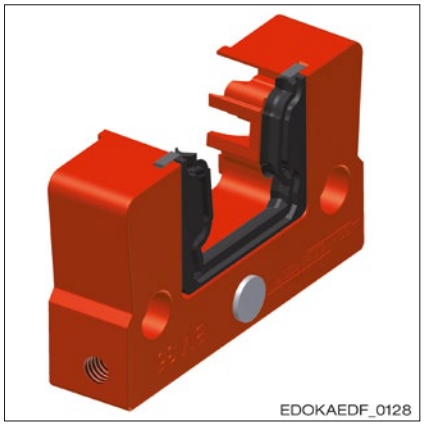
Die Führungswagen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen sind standardmäßig mit doppellippigen Querabstreifern an den Stirnseiten und jeweils zwei oben und unten liegenden Längsabstreifern pro Seite ausgestattet. Diese sorgen für eine äußerst effiziente Abdichtung. Somit wird das Eindringen von Schmutz wirksam verhindert und Schmierstoffverluste auf ein Minimum reduziert um eine lange Lebensdauer der Führung zu erzielen.



Führungswagen mit Längsabstreifern (grün) und Querabstreifern (rot)

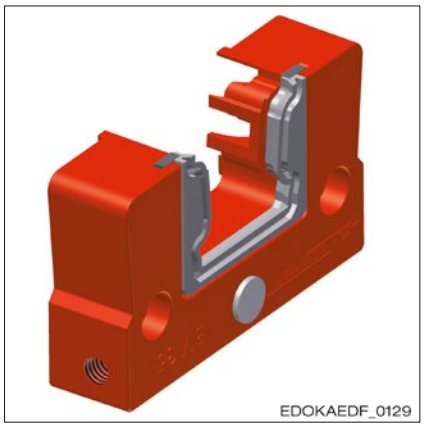
Die Kugelführungen MONORAIL BM werden häufig für Anwendungen mit geringer Verschmutzung eingesetzt, bei denen jedoch die Forderung nach geringen Verschiebekräften besteht. Daher werden für diese Führungen neben den Standardquerabstreifern auch spezielle Leichtlaufabstreifer und die Option ohne Querabstreifer für Reinraumanwendungen angeboten.

Abstreifervarianten MONORAIL BM
Voraussetzung für eine optimale Funktion des Abdichtsystems ist eine ausreichende Schmierung und eine möglichst glatte Abstreifoberfläche ohne Störkanten.



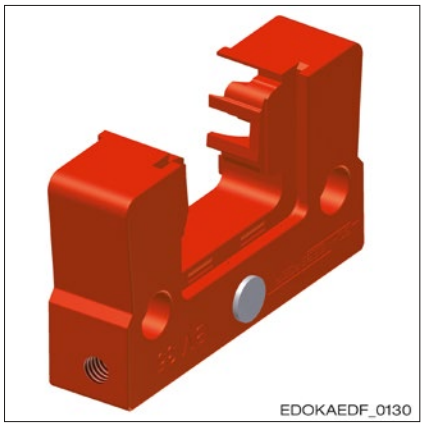
Abstreiferbauform
– Standardabstreifer

Bestellcode
– QN



Abstreiferbauform
– Leichtlaufabstreifer

Bestellcode
– QL



Abstreiferbauform
– Ohne Querabstreifer

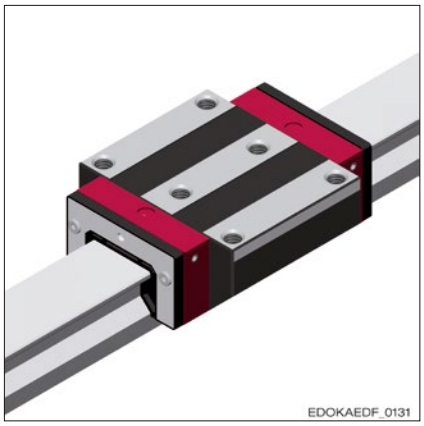
Bestellcode
– Q0

4.14.2 Zusatzabstreifer

Für besondere Einsatzbedingungen wie starken Schmutzanfall, Späne- oder Kühlmittelbeaufschlagung bietet SCHNEEBERGER zusätzliche Dichtelemente an, die vor die Stirnplatten der Führungswagen montiert werden und zusätzlichen mechanischen Schutz bieten.

Zusatzabstreifer aus NBR

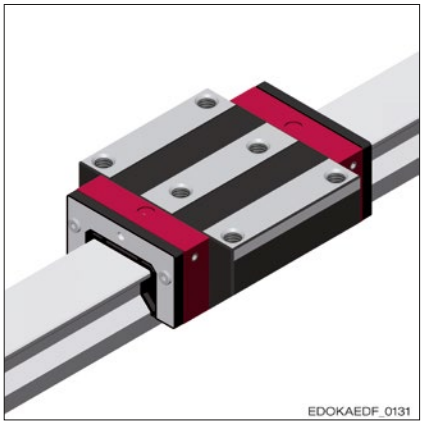
Die Zusatzabstreifer aus NBR (Nitrilkautschuk) bieten zusätzlichen Schutz der Führungswagen in stark verschmutzter Umgebung. Sie bestehen aus einer Trägerplatte, auf die eine sehr robuste einlippige Dichtlippe aufgebracht ist. Die Abstreifer können aufgrund ihrer Flexibilität über den Führungsschienenquerschnitt gestülpt werden, so dass auch eine nachträgliche Montage ohne ein Abfahren der Führungswagen von der Führungsschiene möglich ist.
Der Zusatzabstreifer aus NBR ist verfügbar für alle MR und BM Führungswagenbauformen. Der Bestellcode lautet „ZBN xx" für BM Führungswagen und „ZCN xx" für MR Führungswagen, wobei „xx" für die Baugröße steht.



Wagen mit Zusatzabstreifer aus NBR

Zusatzabstreifer aus Viton

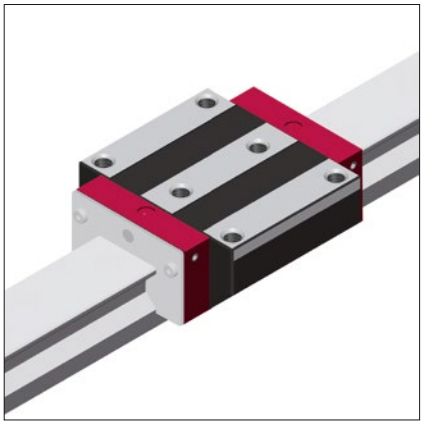
Die Zusatzabstreifer aus Viton bieten wie die Abstreifer aus NBR zusätzlichen Schutz der Führungswagen in stark verschmutzter Umgebung. Sie sind aber auch für Anwendungen mit aggressiven Kühlschmierstoffen geeignet, da Viton® (Fluorkautschuk) beständig gegen Chemikalien ist und eine hohe Temperaturbeständigkeit aufweist. Die Abstreifer können aufgrund ihrer Flexibilität über den Führungsschienenquerschnitt gestülpt werden, so dass auch eine nachträgliche Montage ohne ein Abfahren der Führungswagen von der Führungsschiene möglich ist.
Der Zusatzabstreifer aus Viton ist verfügbar für alle MR und BM Führungswagenbauformen. Der Bestellcode lautet „ZBV xx" für BM Führungswagen und „ZCV xx" für MR Führungswagen, wobei „xx" für die Baugröße steht.



Wagen mit Zusatzabstreifer aus Viton

Blechabstreifer

Die Blechabstreifer aus rostfreiem Edelstahl dienen zum Schutz der Dichtlippen von Führungswagen und Zusatzabstreifern vor heißen Spänen. Große und lose Schmutzpartikel werden weggeschoben und können sich durch den großen radialen Spalt zur Führungsschiene nicht verklemmen. Für Führungsschienen mit AMS-Messsystem sind speziell angepasste Bauformen lieferbar.
Die Blechabstreifer werden meist in Kombination mit Zusatzabstreifern aus NBR oder Viton eingesetzt.
Der Blechabstreifer ist verfügbar für alle MR und BM Führungswagenbauformen. Der Bestellcode lautet „ABM xx" für BM Führungswagen und „ASM xx" für MR Führungswagen, wobei „xx" für die Baugröße steht.

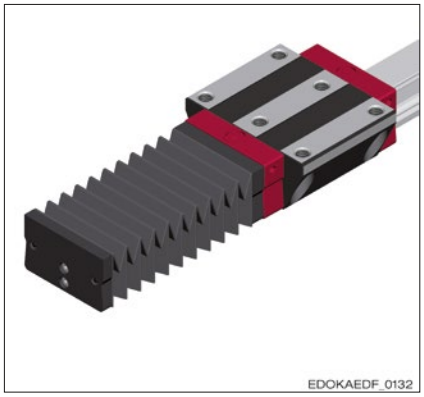


Wagen mit Blechabstreifer

Blechabstreifer und Zusatzabstreifer können kombiniert werden. Auch die Kombination mit der Schmierplatte SPL ist möglich.
Bei der nachträglichen Bestellung werden die Zusatzabstreifer zusammen mit den notwendigen Schrauben geliefert. Speziell beim Lösen der Befestigungsschrauben der Stirnplate sind die Hinweise aus der Montaganleitung und dem Kapitel 9.1 - Abstreifer zu beachten.

4.14.3 Faltenbalg

Faltenbälge werden hauptsächlich als zusätzlicher Schutz der Führungen vor Staub und Spritzwasser eingesetzt.
Sie werden für die Rollenführung MONORAIL MR und für die Kugelführung MONORAIL BM in einer Standardausführung angeboten. Der Faltenbalg besteht aus synthetischem Gewebe mit beidseitiger Kunststoff-Beschichtung. Er wird über die ganze Länge der Führungsschiene geführt, sein Querschnitt entspricht der jeweiligen Stirnplatte am Führungswagen.
Für spezielle Anwendungen z. B. in Laserschneid- oder Schweißanlagen ist auf Anfrage auch eine Ausführung in hitzebeständigem Material erhältlich.
Die Befestigung erfolgt einfach über spezielle Platten, die an das Führungsschienenende bzw. an die Führungswagenstirnplatte geschraubt werden. Der Faltenbalg wird jeweils mit zwei Nietstopfen an der Zwischenplatte und Endplatte befestigt.
Ein nachträglicher Anbau wird nur bei induktiv gehärteten Führungsschienen empfohlen, da für die Befestigung der Endplatte stirnseitig Löcher in die Führungsschiene gebohrt werden müssen.
Der Bestellcode lautet „FBB“ für alle BM Führungswagen der Größe 20-45 und „FBM“ für alle MR Führungswagen der Größe 25-65.



Wagen mit Faltenbalg



Vorsicht

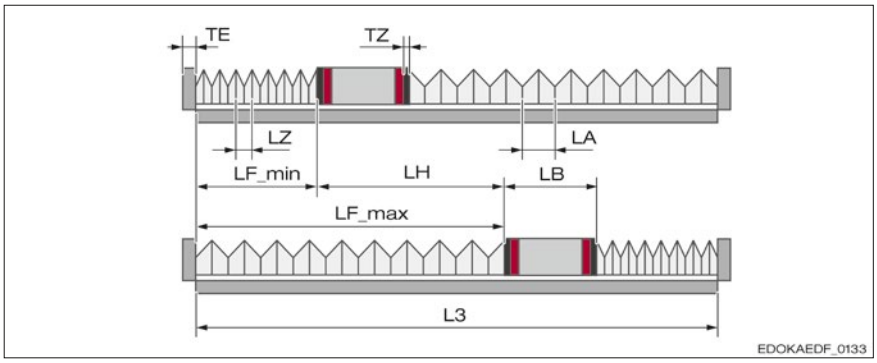
Bauteilschaden durch unsachgemäße Konstruktion

➡ Bei Einsatz eines Faltenbalgs muss darauf geachtet werden, dass durch den beim Ausfahren entstehenden Unterdruck keine Verschmutzungen unter den Faltenbalg gesaugt werden.

Längenberechnung

Gesamtlänge Führungswagen mit Zwischenplatten LB

Schiene mit einem Führungswagen



Längen einer Führungsschiene mit einem Führungswagen:

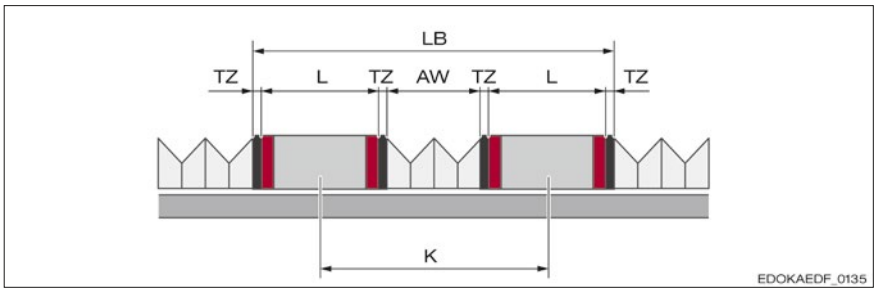
LB	Gesamtlänge mit Zwischenplatten
LH	Hub
LF_min	Zusammendruck des Faltenbalgs
LF_max	Auszugslänge des Faltenbalgs
L3	Führungsschienenlänge
LA	Auszug pro Falte des Faltenbalgs
TE	Dicke der Endplatte
LZ	Zusammendruck der Falte des Faltenbalgs
TZ	Dicke der Zwischenplatte

$$LB = L + 2 \cdot TZ$$

EDOKAEDF_0134

LB	Gesamtlänge mit Zwischenplatten
L	Gesamtlänge Führungswagen
TZ	Dicke der Zwischenplatte

Schiene mit zwei Führungswagen



Längen einer Führungsschiene mit 2 Führungswagen und Faltenbalgen:

LB	Gesamtlänge mit Zwischenplatten
AW	Lichte Weite zwischen den Führungswagen
L	Gesamtlänge Führungswagen
W	Wagenabstand längs
TZ	Dicke der Zwischenplatte

$$LB = K + L + 2 \cdot TZ$$

EDOKAEDF_0136

LB	Gesamtlänge mit Zwischenplatten
K	Wagenabstand
L	Gesamtlänge Führungswagen
TZ	Dicke der Zwischenplatte

Anzahl Falten pro Faltenbalg n

Zwischen Führungswagen und Führungsschienenende

$$n = LH / (LA - LZ)$$

EDOKAEDF_0137

n	Anzahl Falten pro Faltenbalg n auf ganze Zahl aufrunden)
LH	Hub
LZ	Zusammendruck der Falte des Faltenbalgs
LA	Auszug pro Falte des Faltenbalgs

Zwischen zwei Führungswagen

$$n = AW / (0{,}9 \cdot LA)$$

EDOKAEDF_0138

n	Anzahl Falten pro Faltenbalg (n auf ganze Zahl aufrunden)
AW	Lichte Weite zwischen den Führungswagen
LA	Auszug pro Falte des Faltenbalgs

Führungsschienenlänge L3

$$L3 = LF_min + LF_max + LB$$

EDOKAEDF_0141

LF_min	Zusammendruck des Faltenbalgs
LF_max	Auszugslänge des Faltenbalgs
LB	Gesamtlänge mit Zwischenplatten

mit

$$LF_min = n \cdot LZ + 10\ mm$$

EDOKAEDF_0139

LF_min	Zusammendruck des Faltenbalgs
n	Anzahl Falten pro Faltenbalg (n auf ganze Zahl aufrunden)
LZ	Zusammendruck der Falte des Faltenbalgs

+

$$LF_max = LH \cdot LF_min$$

EDOKAEDF_0140

LF_max	Auszugslänge des Faltenbalgs
LH	Hub
LF_min	Zusammendruck des Faltenbalgs

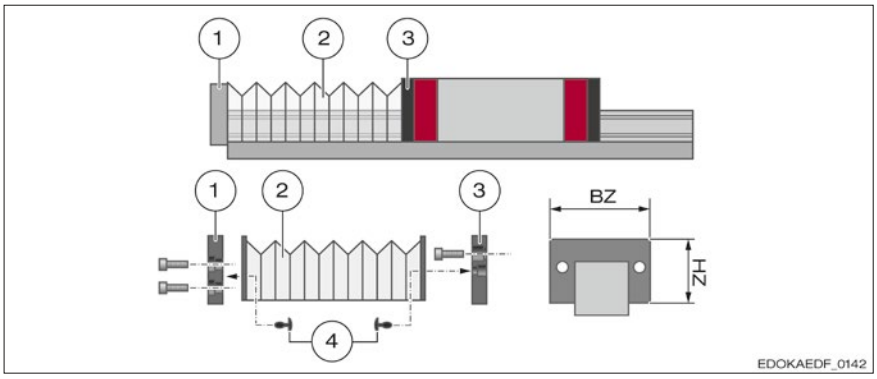
Baugröße*	MR 25	MR 35	MR 45	MR 55	MR 65
LA	13	20	22	28	35
LZ	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
TE	8	8	8	8	8
TZ	12	10	10	10	10

Baugröße*	BM 20	BM 25	BM 30	BM 35	BM 45
LA	12	12	15	20	22
LZ	2	2,7	2,7	2,7	2,7
TE	8	8	8	8	8
TZ	10	10	10	10	10

Anmerkung: * Maße in mm,
LA = Auszug pro Falte des Faltenbalgs, LZ = Zusammendruck der Falte des Faltenbalgs, TE = Dicke der Endplatte, TZ = Dicke der Zwischenplatte

Abmessungen

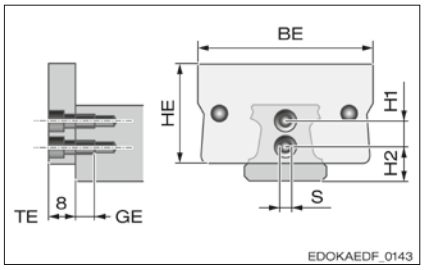
Zwischenplatte ZPB/ZPL



Abmessungen Führungsschiene mit Führungswagen, Faltenbalg und Zwischenplatte:

1	Endplatte EPB/EPL	BZ	Breite der Zwischenplatte
2	Faltenbalg FBB/FBM	HZ	Höhe der Zwischenplatte
3	Zwischenplatte ZPB/ZPL		
4	Nietstopfen (4x)		

Endplatte EPB/EPL



BE Breite der Endplatte EPB/EPL
HE Höhe der Endplatte EPB/EPL
TE Dicke der Endplatte (8 mm)
GE Gewindetiefe
S Schraubendurchmesser
H3 Höhe Bohrung 1/Bohrung 2
H4 Höhe Führungsschienenauflage/ Bohrung 1

Abmessungen und Stirnbohrungen in der Führungsschiene

Baugröße*	MR 25, FBM 25	MR 35, FBM 35	MR 45, FBM 45	MR 55, FBM 55	MR 65, FBM 65		
BE	47	68	84	98	123		
BZ	47	68	84	98	123		
HE	30	40	50	57	76		
HZ	29	39,5	49,5	56,5	75,5		
H1	10	12	15	20	22		
H2	10,5	14	17	20	25		
S x GE	M4 x 5	M4 x 5	M6 x 8,5	M6 x 8,5	M6 x 8,5		

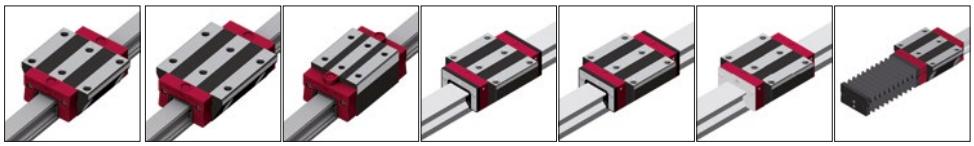
Baugröße*	BM 20, FBB 20	BM 25, FBB 25	BM 30, FBB 30	BM 35, FBB 35	BM 45, FBB 45		
BE	43	47	58,5	68	84		
BZ	43	47	58,5	68	84		
HE	25	30	35	40	50		
HZ	25	30	35	39,5	49,5		
H1	6,5	8	8	10,5	13,5		
H2	8,5	10	12	13	16,7		
S x GE	M3 x 12	M4 x 8	M4 x 8	M4 x 8	M6 x 10		

Anmerkung: * Maße in mm,
BE = Breite der Endplatte, BZ = Breite der Zwischenplatte, HE = Höhe der Endplatte, HZ = Höhe der Zwischenplatte, H1 = Höhe Bohrung 1/Bohrung 2, H2 = Höhe Führungsschienenauflage/ Bohrung 1, S = Schraubendurchmesser,
GE = Gewindetiefe

4.14.4 Einsatzgebiete Dichtsysteme

Das nachfolgende Schaubild gibt einen Überblick über die verschiedenen Bauformen von Abdichtungen, ihre Eigenschaften und ihre Verwendungsmöglichkeiten:

Produktübersicht Abdichtungen

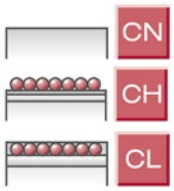


Einsatzbedingungen	ohne Querabstreifer	Leichtlauf-abstreifer[1]	Standard-abstreifer	Zusatz-abstreifer (NBR)	Zusatz-abstreifer (Viton)	Blechab-streifer	Faltenbalg
Bestellcode	Q0 (nur BM)	QL (nur BM)	QN	ZCN (MR), ZBN (BM)	ZCV (MR), ZBV (BM)	ASM (MR), ABM (BM)	FBB (BM), FBM (MR 25-65)
Reinraum	•						
Geringe Verschmutzung		•					•
Normale Verschmutzung			•				
Starke Verschmutzung				•	•		
Staub			(•)	•	•		•
Grobe, heiße Späne						•	
Spitzwasser			(•)	•	•		•
Chemikalien, Kühlmittel					•		
Geringe Verschiebekräfte	•	•				•	

Anmerkung: • = zutreffend, [1] nicht für MONORAIL MR

4.15.1 Beschichtungen

Für die Produkte MONORAIL MR, BM und AMS bietet SCHNEEBERGER verschiedene Oberflächenbeschichtungen mit Korrosionsschutzeigenschaften an. Die unterschiedlichen Verfahren werden nachfolgend mit ihren Eigenschaften und Anwendungsgebieten näher beschrieben.
Für Informationen über die Verfügbarkeit für einzelne Produkte wenden Sie sich bitte an SCHNEEBERGER.
Beschichtungsoptionen:

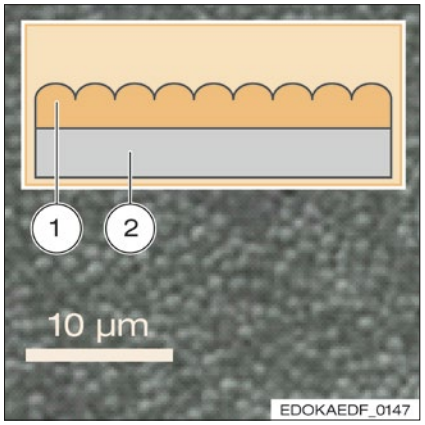


Keine Beschichtung CN

Beschichtung CH

Beschichtung CL, auf Anfrage

Beschichtung CH
Die CH-Beschichtung ist eine galvanische Hartchrom-Dünnschicht. Durch die spezielle Verfahrenstechnik entsteht eine Mikro-Perlstruktur mit ausgezeichneter Haftung und guten Gleiteigenschaften. Die reine Chromschicht, in molekularer Bindung mit dem Trägerwerkstoff, besitzt eine hohe Härte, hohe Verschleißfestigkeit und sehr gute Korrosionsschutzeigenschaften. Aufgrund der geringen Prozesstemperatur von unter 70°C treten keine Gefügeveränderungen des Grundmaterials auf. Die mattgraue Chromschicht kann durch ihre perlartige Oberflächenstruktur teilweise Schmierstoff einlagern und besitzt somit Vorteile im Mischreibungsverhalten im Vergleich zu nicht beschichteten Produkten. Die Beschichtung enthält keine Chrom-VI-Anteile und hat die Zulassung zur Verwendung in der Lebensmittelindustrie, wo hohe Anforderungen an Korrosions- und Verschleißbeständigkeit gestellt werden.

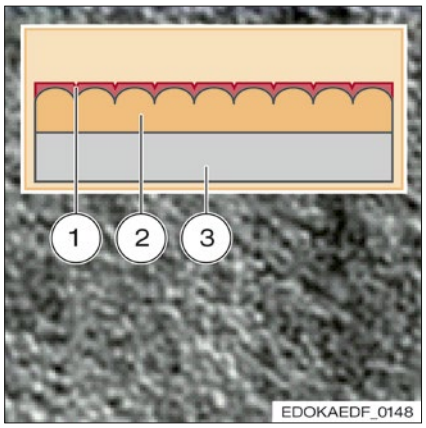


1 Cr Schicht
2 Grundwerkstoff

Eigenschaften
- Hohe Oberflächenhärte (1200-1400 HV)
- Hohe Korrosionsbeständigkeit
- Schichtdicke 2 - 5 µm
- Notlaufeigenschaften bei Mischreibung
- Kein Einfluss auf Tragfähigkeit
- Geringer Einfluss auf Reibungswerte
- Kantenauftrag
- Bohrungen/Hinterschnitte unbeschichtet
- Farbe: matt, hellgrau

Beschichtung CL

Bei der CL-Beschichtung handelt es sich wie bei der CH-Beschichtung um eine galvanisch erzeugte Dünnschicht-Hartverchromung. Sie besitzt wie diese eine Oberfläche mit feiner Perlstruktur und ausgezeichneter Haftung sowie sehr guten Gleiteigenschaften. Die Perlstruktur wird hier in einem zusätzlichen Verfahren mit einer Mischoxydschicht überzogen und die Zwischenräume werden aufgefüllt. Dieser verbesserte Chromüberzug besitzt eine noch höhere Verschleißfestigkeit, sehr hohe Korrosionsbeständigkeit und extrem niedrige Reibungswerte. Aufgrund der geringen Prozesstemperatur tritt kein Härteverlust oder Verzug im beschichteten Grundmaterial auf. Der schwarz glänzende Chromüberzug besitzt neben gutem dekorativem Aussehen Vorteile bei Mangelschmierung und erzielt damit deutlich höhere Laufleistungen im Vergleich zur CH-Beschichtung. Die Beschichtung enthält keine Chrom-VI-Anteile.



1 Cr Oxid Schicht
2 Cr Schicht
3 Grundwerkstoff

Eigenschaften

- Hohe Oberflächenhärte (1200-1400 HV)
- Hohe Korrosionsbeständigkeit
- Schichtdicke 4 - 6 µm
- Notlaufeigenschaften bei Mischreibung
- Kein Einfluss auf Tragfähigkeit
- Geringer Einfluss auf Reibungswerte
- Kantenauftrag
- Bohrungen/Hinterschnitte unbeschichtet
- Farbe: schwarz, glänzend

Übersicht Beschichtungsarten

Beschichtung	CH	CL
Farbe	matt, hellgrau	schwarz, glänzend
Schichtdicke	2-5 µm	4-6 µm
Schichthärte	bis 1400 HV	bis 1400 HV
Verfahren	Chromabscheidung galvanisch	Chromabscheidung galvanisch, Chromoxydschicht
Maximale Länge	4000 mm	4000 mm
Chrom VI	nein	nein
Korrosionsschutz	sehr gut	sehr gut
Verschleißschutz	gut bei Mischreibung	sehr gut bei Mischreibung
Kantenauftrag	ja	ja
Korrosionsschutz Bohrungen, Hinterschnitte	nein	nein
Anwendungen	Maschinenbau mit hohen Anforderungen, Reinraumtechnik, Lebensmittelindustrie, Medizintechnik	Maschinenbau mit hohen Anforderungen, Dekorationszwecke, Minimalmengenschmierung

4.15.2 MONORAIL BM in Edelstahlausführung (WR, SR)

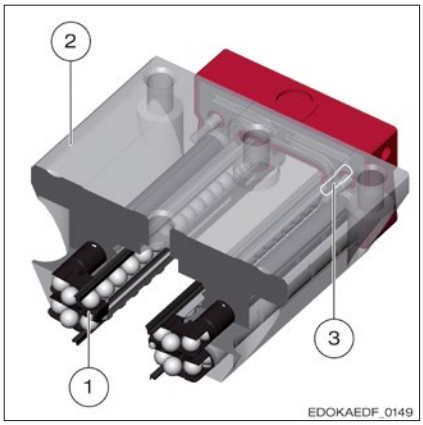
Linearführungen aus korrosionsbeständigem Stahl

SCHNEEBERGER MONORAIL BM WR/SR wurden speziell für Anforderungen entwickelt, bei denen übliche Beschichtungen der Linearführungen an ihre Grenzen stossen. Dies ist immer dann der Fall, wenn in Prozessen die Emission von Partikeln unerwünscht ist oder die Leistung der Produkte durch Korrosion beeinträchtigt werden. Vorteilhafte Anwendungen sind

- Maschinen für die Lebensmittelindustrie
- Medizintechnik
- Reinraum oder Vakuum-Anwendungen
- Chemischen Prozesse
- Anwendungen im Freien

In solchen Anwendungen sorgen die MONORAIL BM WR/SR-Produkte für einen problemlosen, sauberen, präzisen und langen Betrieb von Linearachsen.

Aufbau des MONORAIL BM WR Führungswagens



1 Kugeln
2 Grundkörper
3 Edelstahlschrauben

Wagenaufbau

Die Grundkörper (2) der SCHNEEBERGER MONORAIL BM WR–Wagen sind aus chromhaltigen austenitischen Stahl gefertigt. Für die Kugeln (1) werden ausschliesslich gehärtete rostfreie Edelstähle verwendet. Stirnplatten und Zubehör werden mit Edelstahlschrauben (3) befestigt.

Aufbau der MONORAIL BM SR Führungsschiene

Die Führungsschiene besteht aus Edelstahl mit hohem Chrom-Anteil und wird im Härteprozess auf 56-58 Rockwell C gehärtet. Die Führungsbahnen sowie die gesamte Oberfläche der Führungsschiene sind hart.
Sollen längere Achsen aufgebaut werden, können die MONORAIL BM SR Führungsschienen mit speziell gefertigten Stössen geliefert werden.
An der maximalen Länge der Führungsschienen werden zu Zeit prozesstechnische Optimierungen vorgenommen.

Abgrenzung zu anderen Produkten

In folgenden Punkten gibt es Unterschiede zwischen MONORAIL BM und MONORAIL BM WR/SR:

- Die Führungsschienen werden ohne Korrosionsschutz ausgeliefert.
- Bei den BM WR-Produkten wird nur die Schmieroption S99 angeboten, da die Bestückung mit rostfreien Schmiernippeln zu erhöhten Lieferzeiten führt.
- Die Gewindebohrungen der Schmieranschlüsse sind mit Edelstahlgewindestiften verschlossen.
- Vorspannungsklassen größer V3 sind nicht verfügbar.
- Die G0 Genauigkeitsklasse kann nur auf Anfrage angeboten werden.
- Die Tragzahl ist im Vergleich zu den Standard-Produkten reduziert.

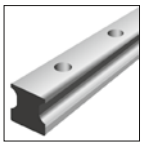
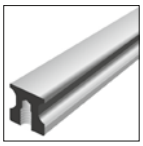
Merkmale

Die Außenabmessungen sind identisch mit dem entsprechenden BM Produkt, ebenso sind alle Zubehörteile wie Zusatzabstreifer, Blechabstreifer oder Schmierplatten verwendbar.
Für alle Bauteile werden rostfreie Befestigungsschrauben verwendet. Zum Verschließen der Führungsschienenbohrungen werden Kunststoffstopfen angeboten.
Die maximale einteilige Führungsschienenlänge ist auf 3000 mm begrenzt. Eine Stoßbearbeitung der Führungsschienen ist möglich.
Für die Bestellbezeichnungen für die Produktausführung und Optionen siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.

Auslieferungszustand

Die Führungsschienen werden ohne Korrosionsschutz an der Oberfläche ausgeliefert.
Die Führungswagen werden mit Schmierstoff versehen, um eine sichere Montage zu gewährleisten.

Produktübersicht BM SR Führungsschienen

Baugrößen/ Schienenbauformen	ND standard	NUD von unten verschraubbar
Größe 15	BM SR 15-ND	BM SR 15-NUD
Größe 20	BM SR 20-ND	BM SR 20-NUD
Größe 25	BM SR 25-ND	BM SR 25-NUD
Größe 35	BM SR 35-ND	BM SR 35-NUD
Besondere Eigenschaften		
von oben anschraubbar	•	
von unten anschraubbar		•

Produktübersicht BM WR Führungswagen

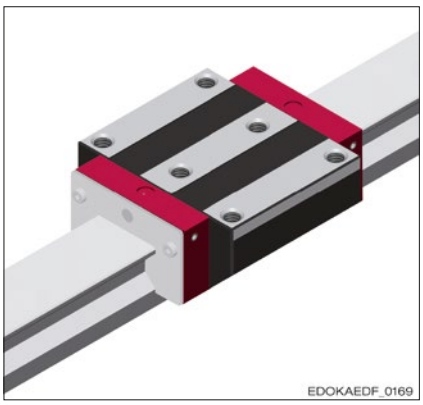




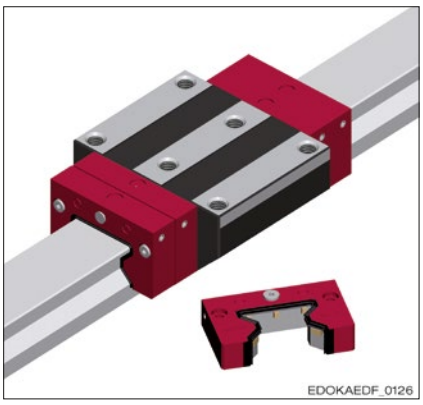


Baugrößen/ Schienenbauformen	A standard	B standard, lang	C kompakt, hoch	D kompakt, hoch, lang	F kompakt, flach
Größe 15	BM WR 15-A		BM WR 15-C		BM WR 15-F
Größe 20	BM WR 20-A	BM WR 20-B	BM WR 20-C	BM WR 20-D	
Größe 25	BM WR 25-A	BM WR 25-B	BM WR 25-C	BM WR 25-D	
Größe 35	BM WR 35-A	BM WR 35-B	BM WR 35-C	BM WR 35-D	
Besondere Eigenschaften					
von oben anschraubbar	•	•	•	•	•
von unten anschraubbar	•	•			
für mittlere Kräften	•		•		
für hohe Kräften		•		•	

Wagenzubehör aus dem Standardprogramm:
Für die oben angegebenen Baugrößen und Ausführungsvarianten kann das Zubehörprogramm (Zusatzabstreifer, Metallabstreifer, Schmierplatten) aus dem Produktkatalog verwendet werden.



Führungswagen mit Zusatzabstreifer ABM



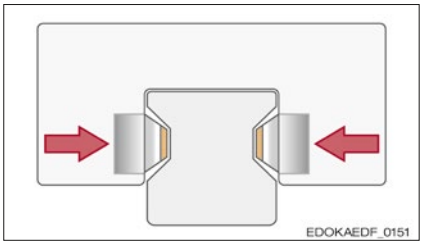
Führungswagen mit Schmierplatte SPL

4.16.1 Klemm- und Bremselemente - Aufbau und Einsatzgebiete

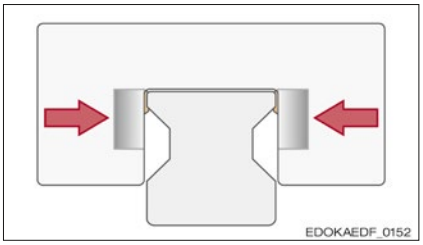
SCHNEEBERGER bietet Klemm- und Bremselemente für MONORAIL-Führungen MR und BM an. Typische Einsatzgebiete dieser Elemente sind:

- Positionssicherung von Linearachsen zur Entlastung des Antriebes
- Klemmung von Maschinentischen zur Aufnahme von axialen Kräften bei der Bearbeitung
- Sicherung von vertikalen Achsen im Ruhezustand
- Transportsicherung von Achsen
- Abbremsen und Sichern von Linearmotorachsen bei Stromausfall

Klemm- und Bremselemente sind ähnlich aufgebaut wie die Führungswagen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen. Sie bestehen aus einem Grundkörper, der am Maschinentisch angeschraubt wird und das Führungsschienenprofil umschließt. Anstelle der Wälzkörper befinden sich radial bewegliche Klemmbacken auf beiden Seiten der Führungsschiene, die sich bei Aktivierung in dem Freiraum zwischen den Laufbahnen an die Führungsschiene anlegen und die Achse klemmen bzw. abbremsen. Einzelne Bauformen für Führungsschienen mit AMS-Messsystem nutzen die Führungsschienenschulter als Kontaktfläche.
Im gelösten Zustand findet keine Berührung zwischen Führungsschiene und Klemmelement statt, die Klemmelemente besitzen somit keine Führungsfunktion.
Es gibt schmale und breite Bauformen, die Hauptabmessungen der Elemente sind überwiegend an die DIN 645 angelehnt und entsprechen damit den Führungswagenquerschnitten.
Die Hubbewegung der Kontaktprofile erfolgt teilweise durch synchron geschaltete beidseitige Zustellelemente oder durch ein einzelnes Zustellelement mit schwimmender Lagerung. In jedem Fall wird gewährleistet, dass bei der Klemmbewegung keine oder nur geringe Querkräfte auf die Anschlusskonstruktion ausgeübt werden.



Kontaktfläche zwischen Laufbahnen.
Nicht geeignet für Führungsschienen mit AMS!



Kontaktfläche an Führungsschienenschulter.
Geeignet für Führungsschienen mit AMS!

4.16.2 Bauarten von Klemm- und Bremselementen

Es gibt verschiedene Bauarten von Halteelementen, die sich in ihrer Funktion, in der Art der Druckerzeugung und in ihrer Wirkungsweise unterscheiden.

Funktion

Nach der Funktion unterscheidet man Klemmelemente und Bremselemente. Klemmelemente werden zur Sicherung von ruhenden Maschinenachsen verwendet. Bremselemente können Achsen auch aus einer Bewegung heraus abbremsen. Hierzu besitzen sie spezielle Gleitbeläge, die so ausgelegt sind, dass die Führungsschiene nicht beschädigt wird.



Vorsicht

Bauteilschaden durch Ausfall der Bremsanlage

➡ Bremselemente sind für Not-Aus-Situationen ausgelegt und dürfen nicht als Betriebsbremse eingesetzt werden!

Druckmedium

Man unterscheidet nach der Art der Druckerzeugung

- Manuelle
- Pneumatische
- Hydraulische und
- Elektrische

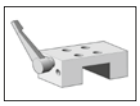
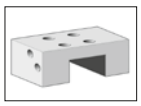
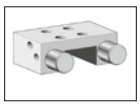
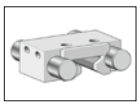
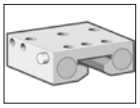
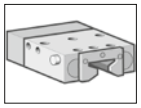
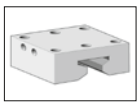
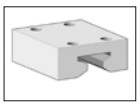
Klemm- und Bremselemente.

Wirkungsweise

Es gibt sowohl aktive, also bei Druckbeaufschlagung wirkende Elemente, als auch passive, bei denen die Haltekraft bei einem Druckabfall wirksam wird. Bei diesen Elementen wird die Haltekraft durch einen integrierten Federenergiespeicher erzeugt. Das Druckmedium dient zum Lösen der Haltekraft bzw. kann bei Elementen mit so genanntem Plus-Anschluss in Kombination mit dem Federenergiespeicher zur Verstärkung der Haltekraft verwendet werden.

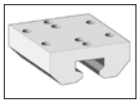
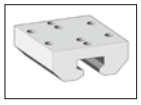
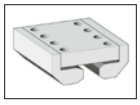
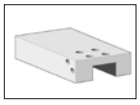
4.16.3 Bauformübersicht

Die nachfolgenden Schaubilder geben einen Überblick über die verschiedenen Bauformen, ihre Eigenschaften und Verwendung:

Produktübersicht								
Baureihe	**HK**	**MK**	**MKS**	**MBPS**	**BWPS**	**TKPS**	**UBPS**	**LBPS**
Druckmedium manuell	•							
pneumatisch		•	•	•	•	•	•	•
hydraulisch								
elektrisch								
Federenergiespeicher			•	•	•	•	•	•
PLUS-Anschluss			•		•	•	•	
Bremselement				•	•	•	•	•
DIN 645 kompatibel					•	•	•	
Führungsart MR Rolle	•	•	•	•	•	•	•	•
MR mit AMS	•	•	•					
BM Kugel	•	•	•					

Anmerkung: • = zutreffend

Bestellcode: Baureihe xx, mit xx= Baugrösse (z. B. „MKS xx")

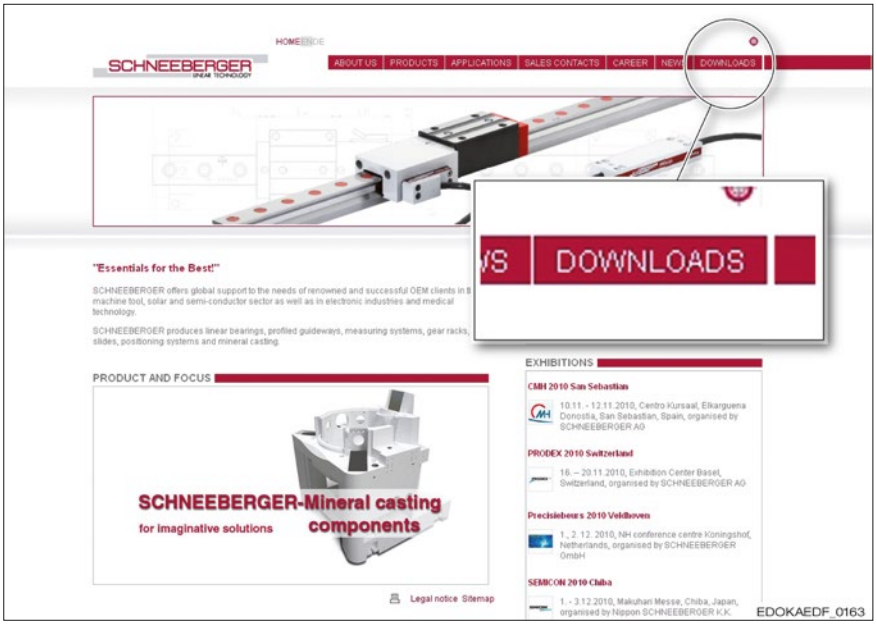
Produktübersicht				
Baureihe	**KWH**	**KBH**	**KBHS**	**MKE**
Druckmedium manuell				
pneumatisch				
hydraulisch	•	•	•	
elektrisch				•
Federenergiespeicher			•	
PLUS-Anschluss				
Bremselement		•	•	
DIN 645 kompatibel	•	•		
Führungsart MR Rolle	•	•	•	•
MR mit AMS				
BM Kugel				•

Anmerkung: • = zutreffend

Bestellcode: Baureihe xx, mit xx= Baugrösse (z. B. „MKS xx")

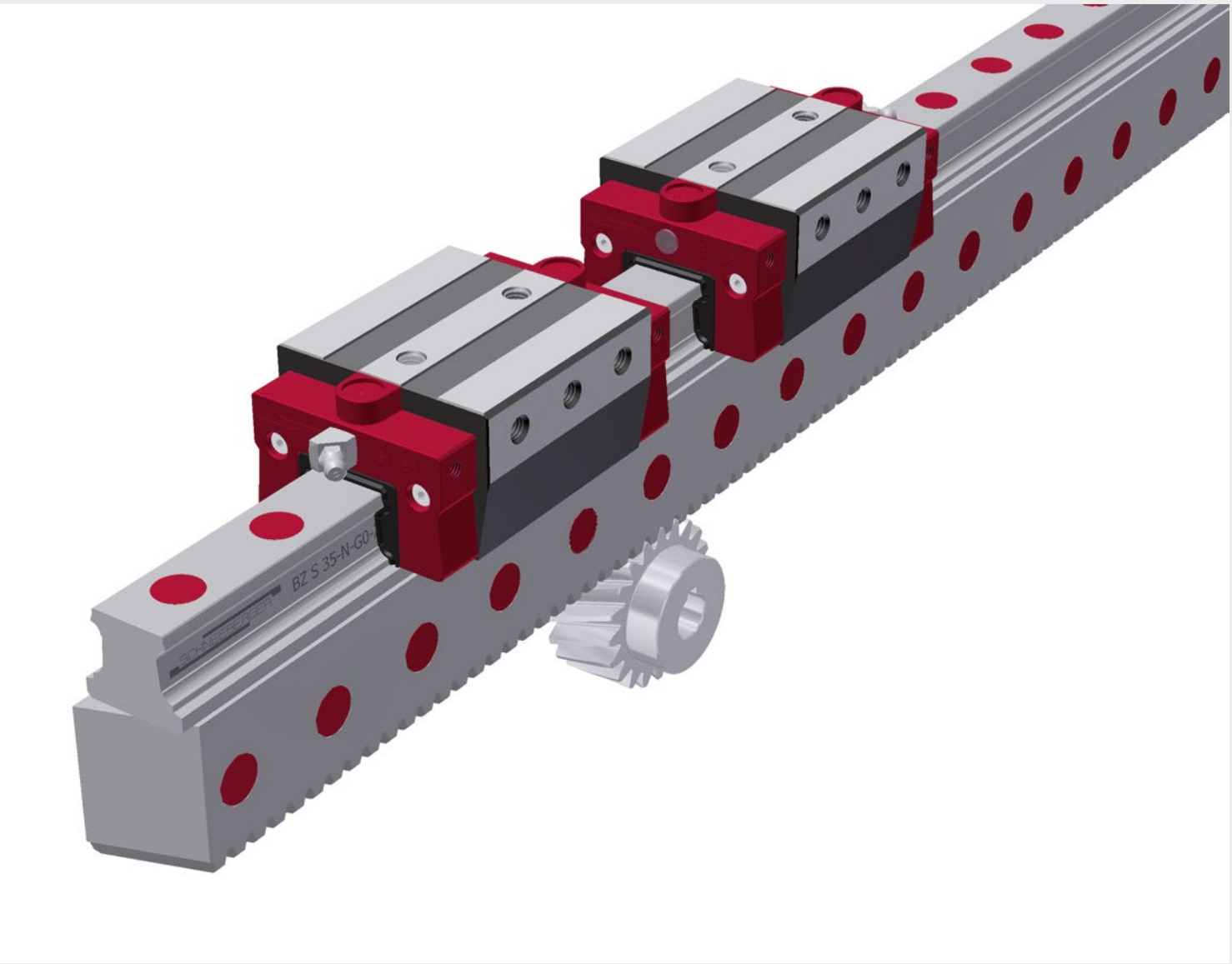
4.17.1 SCHNEEBERGER-Downloads

Zur Unterstützung der Entwicklung und Konstruktion in der CAD-Umgebung stehen alle MONORAIL-Komponenten als 2D-Zeichnungen oder 3D-Volumenmodelle in allen gängigen Datenformaten unter www.schneeberger.com zum Download bereit. Dabei besteht die Möglichkeit ein individuelles System mit allen Zubehörteilen sowie den passenden Führungsschienenlängen und Führungswagenbauformen zu konfigurieren und in eine Umgebungskonstruktion einzusetzen.



4.17.2 Online CAD-Katalog

Mit dem CADENAS-Partserver besteht die Möglichkeit eine große Anzahl von CAD unabhängigen 2D/3D-Geometrie-Daten der SCHNEEBERGER-Produkte unter www.partserver.de herunter zu laden.
Alle verfügbaren CAD-Bauteile wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Die Firma SCHNEEBERGER übernimmt keine Haftung für fehlerhafte Bauteile und unvollständige Geometrien und daraus entstandene Folgen. Technische Änderungen der Daten bleiben vorbehalten.



SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

5	**Entwicklung und Design: Antreiben**		**169**
5.1	**Produktübersicht**		**172**
	5.1.1	Eigenschaften und Vorteile	172
	5.1.2	Einbaulage	174
5.2	**Berechnung und Dimensionierung**		**175**
	5.2.1	Führungswagen und Führungsschiene	175
	5.2.2	Verzahnung	177
5.3	**Befestigung Führungsschiene**		**180**
	5.3.1	Befestigungsart	180
	5.3.2	Verschlusselemente für Bohrungen	180
	5.3.3	Zulässige Schraubenanzugsmomente	181
	5.3.4	Transportschutz incl. Montagehilfe	181
5.4	**Mehrteilige Führungsschienen**		**183**
	5.4.1	Stoßübergang	183
	5.4.2	Ausführung	183
	5.4.3	Ausrichten	183
	5.4.4	Austauschbarkeit	183
5.5	**Gestaltung der Anschlusskonstruktion**		**184**
	5.5.1	Seitliche Anschlagflächen	184
	5.5.2	Einbauarten	185
	5.5.3	Form- und Lagegenauigkeit der Anschlussflächen, Anschlussmaße	186
5.6	**Schmierung**		**187**
	5.6.1	Auslieferzustand Konservierung	187
	5.6.2	Erstschmierung und Nachschmierung	187
	5.6.3	Beschichtungen	188

5.1.1 Eigenschaften und Vorteile

Die verzahnten Systeme MONORAIL BZ von SCHNEEBERGER verbinden die charakteristischen Leistungen der SCHNEEBERGER MONORAIL BM Führungen mit den Vorteilen eines hochgenauen, integrierten Zahnstangenantriebes.



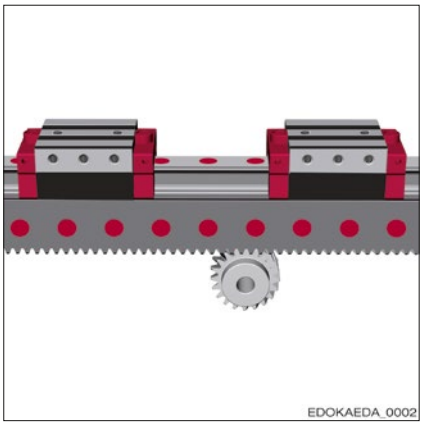
Zahnstangenantrieb mit zwei Führungswagen

Das System bietet für den Kunden folgende Vorteile:
- Einteilige Systemlängen bis 6000 mm
- Mehrteilige Systeme > 6000 mm
- Zahnstange mit Verzahnung in hoher Qualität (gehärtet und geschliffen)
- Kosteneinsparung bis zu 25 % durch Reduzierung des Aufwandes für Konstruktion, Fertigung und Montage
- Hervorragende Laufeigenschaften, hohe Tragfähigkeit und lange Lebensdauer basierend auf den SCHNEEBERGER MONORAIL BM Führungen
- Ausrichtung auf die Kundenbedürfnisse durch eine Vielzahl von Führungswagenbauformen, durch umfangreiches Zubehör und durch den Einsatz unterschiedlicher Verzahnungs-qualitäten

Darüber hinaus zeichnet sich das MONORAIL BZ durch folgende Eigenschaften aus:
- Stoßbar, durch speziell entwickelte Übergangsgeometrie
- Kombination der Funktionen Führen, Antreiben und Messen in einem System
- Übertragung höherer Seitenkräfte durch
  - Doppelte Anzahl Befestigungsschrauben zwischen System und Unterbau sowie zwischen Zahnstange und Führungsschiene
  - Größere Systemhöhe mit günstigeren Hebelverhältnissen
- Reduzierter Handling- und Montageaufwand durch Transportschutz der zur Montage des Systems verwendet weden kann
- Austauschbarkeit einzelner Zahnstangensegmente (z. B. an verschleißintensiven Abschnitten)

Einteilige Systemlängen bis 6000 mm

Präziser, stoßfreier Lauf des Führungswagens über große Strecken durch einteilige Systemlängen bis 6000 mm. Durch Aneinanderreihen mehrerer BZ Systeme können auch größere Verfahrwege bei gleich bleibender Qualität realisiert werden.

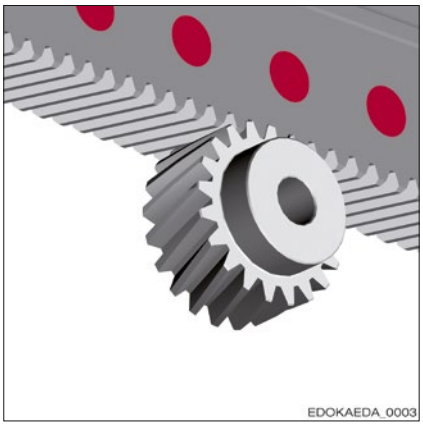


BZ Systeme mit Zahnstangenantrieb

Verzahnung bis Qualität 6

Die geschliffene und gehärtete Zahnstange in Qualität 6 ermöglicht einen weichen Ablauf bei maximaler Kraftübertragung, hohe Positioniergenauigkeiten und lange Lebensdauer.

Andere Qualitäten und Ausführungen sind erhältlich.

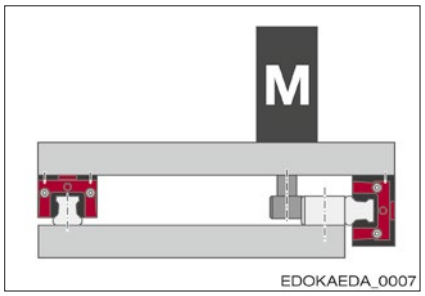


Zahnstange mit Ritzel

5.1.2 Einbaulage

Die Einbaulage der MONORAIL BZ Systeme ergibt sich aus der Anwendung, das heißt aus der Funktion der Maschine, ihrem Aufbau und der Verfahrrichtung der Achse. Sie hat Einfluss auf die Art der Schmierstoffversorgung und die Verschmutzungsanfälligkeit der Führung.
Nachfolgend werden einige typische Anordnungsmöglichkeiten in Prinzipform dargestellt:

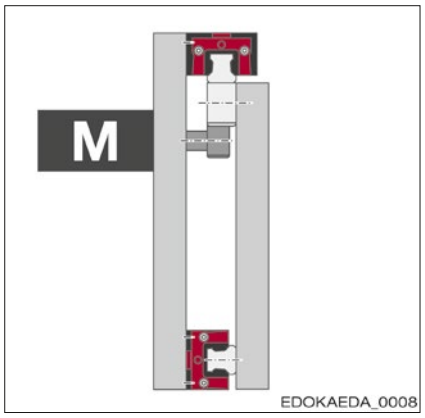
Variante 1*



Merkmale:
- Horizontale Achse
- BZ Führungsschiene liegend, um 90° gedreht
- BZ Führungsschiene mit Führungswagenbauform E mit seitlicher Befestigung
- Gegenschiene mit Führungswagenbauform C/D, dadurch liegen die Montageflächen bei der Führungsschienen und Führungswagen jeweils auf gleicher Ebene

Anmerkung: * M = Motor mit Getriebe und Ritzel

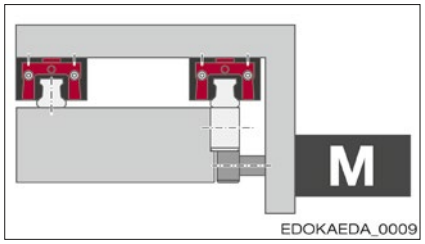
Variante 2*



Merkmale:
- Hängender Einbau
- Horizontale Bewegung
- BZ Führungsschiene aufrecht stehend, dadurch Verzahnung gut gegen Verschmutzung geschützt
- BZ Führungsschiene mit Führungswagenbauform E mit seitlicher Befestigung
- Gegenschiene mit Führungswagenbauform C/D, dadurch liegen die Montageflächen beider Führungsschienen und Führungswagen jeweils auf gleicher Ebene

Anmerkung: * M = Motor mit Getriebe und Ritzel

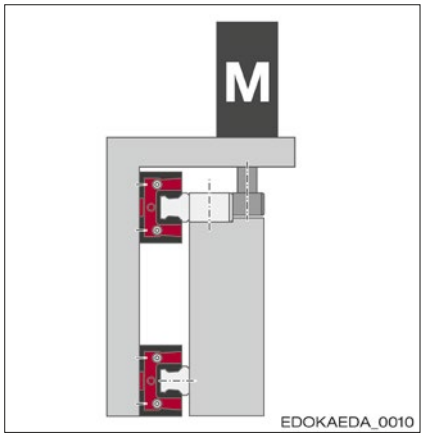
Variante 3



Merkmale:
- Horizontale Achse
- BZ Führungsschiene aufrecht stehend, dadurch Verzahnung gut gegen Verschmutzung geschützt
- Gegenschiene Standardschiene mit Querschnitt wie BZ, jedoch ohne Verzahnung
- BZ und Standardschiene mit gleichem Querschnitt, dadurch gute Zugänglichkeit, einfache Montage
- Motoranbau quer, dadurch maximaler Freiraum auf Schlittenoberseite

Anmerkung: * M = Motor mit Getriebe und Ritzel

Variante 4*



Merkmale:
- Hängender Einbau
- Horizontale Bewegung
- Wagenbauform C/D mit Befestigung von oben und 6 Schrauben für hohe Steifigkeit
- Motoranbau quer, dadurch maximaler Freiraum auf Schlittenoberseite

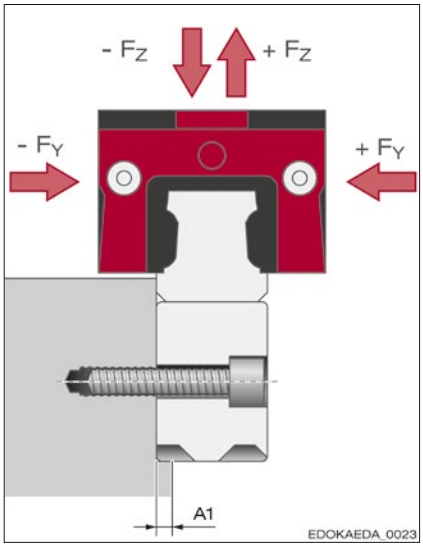
Anmerkung: * M = Motor mit Getriebe und Ritzel

5.2.1 Führungswagen und Führungsschiene

Bei der Auslegung von SCHNEEBERGER MONORAIL BZ Führungen mit Zahnstangenantrieb ist folgendes zu beachten.

Tragzahlen und Belastbarkeit

Die Führungsschiene mit Führungswagen unterscheidet sich bzgl. der Auslegung nicht von einer Standardführung. Es gelten die Tragzahlen von MONORAIL BM gemäß SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.
Bei MONORAIL BZ ist jedoch zu beachten, dass die Gesamtbelastbarkeit des Systems gegenüber MONORAIL BM eingeschränkt ist. Dies ist begründet durch die hohe Belastung der seitlichen Schraubenverbindung aufgrund der Hebelwirkung der Führungsschiene bei Seitenkräften, durch den Reibschluss der internen Schraubverbindung zwischen Führungsschiene und Zahnstange und durch die geringere Kontaktfläche an der Verzahnung.
Für die zulässige Seitenbelastung ± F_Y und die zulässige Zug- und Druckbelastung ± F_Z gelten die Werte aus unten angegebener Tabelle auf Basis einer Schraubenverbindung mit Schrauben der Festigkeitsklasse 12.9. Die Werte gelten pro Führungswagen.



A1 max. 3 (BZ 25) bzw. max. 5 (BZ 35)

Wirken von Zug-, Druck- und Seitenkräften

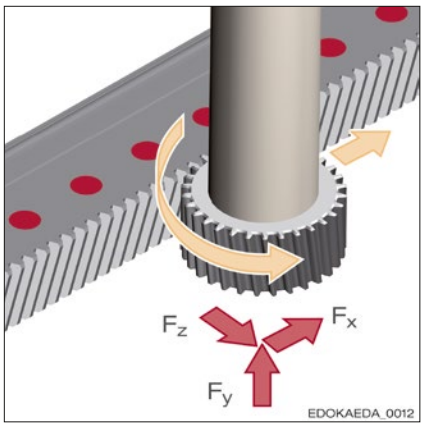
Maximale Zug-, Druck- und Seitenkräfte (N)

Baugröße/Wagentyp	+F_Y (N)	-F_Y (N)	+F_Z (N)	-F_Z (N)
BZ 25				
A/C/E	5275	1840	3060	8651
B/D	6375	2200	3060	10455
BZ 35				
A/C/E	9675	3600	5580	24381
B/D	11675	4290	5580	29421

Bei der Auslegung darauf achten, dass die übertragbaren Kräfte nicht durch die Kennwerte der Führungswagen, sondern durch die Anbindung an die Konstruktion limitiert werden können.

Lebensdauer

Bei Tischsystemen mit Zahnstangenantrieb entstehen zusätzliche Kräfte am Zahneingriff orthogonal zur Bewegungsrichtung. Diese werden über Ritzel, Motor und Schlitten auf die Führung übertragen und müssen bei der Lebensdauerberechnung berücksichtigt werden.
Durch die Schrägverzahnung entstehen beim Antreiben quer zur Führungsschienenlängsachse Kräfte F_y mit $F_y = 0{,}35 \cdot F_x$. Der Wert 0,35 ergibt sich aus dem Schrägungswinkel $\beta = 19°31'42"$ der Verzahnung. Die Kraft ist bei konstanter Antriebskraft konstant. Ihre Richtung kehrt sich mit der Richtung der Beschleunigung (Wechsel von Beschleunigen zu Bremsen) um.
Außerdem entstehen Kräfte F_z vertikal zur Verzahnung und zwar von der Verzahnung weggerichtet mit $F_z = 0{,}36 \cdot F_x$ durch den Eingriffswinkel der Zahnflanken von ca. 20°. Diese Kraft ist schwellend. Als Richtwert für die Lebensdauerberechnung sollte $F_z \approx 2/3$ von F_{z_max} angesetzt werden.

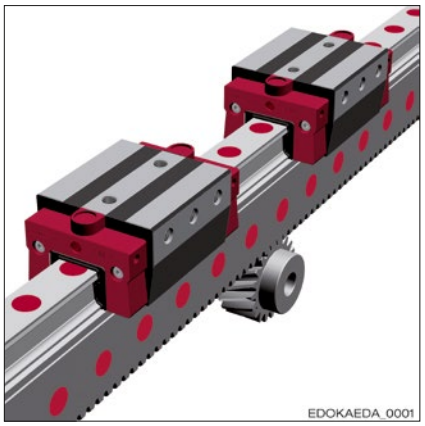


F_x Kraft in x-Richtung
F_y Kraft in y-Richtung
F_z Kraft in z-Richtung

Kräfte zur Verzahnung

Krafteinleitung bei Verwendung eines Führungswagens mit Bauform E

Bei Verwendung von Führungswagen der Bauform E ist die Art der Krafteinleitung zu beachten. Durch die seitliche Anbindung der Führungswagen am Achsschlitten können Drehmomente entstehen, die zu inneren, zusätzlichen Kräften führen, welche die Lebensdauer drastisch reduzieren können.

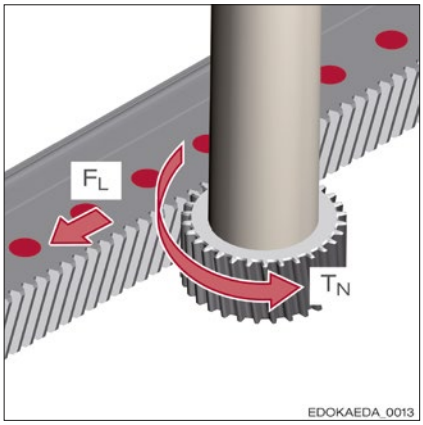


Zahnstangenantrieb mit zwei Führungswagen der Bauform E

5.2.2 Verzahnung

Die nachstehend zusammengestellten Berechnungsgrundlagen dienen zur groben Abschätzung der möglichen Belastung und Lebensdauer des Zahnstangenantriebes. Für eine exakte Auslegung ist jedoch eine detaillierte Berechnung erforderlich, die bei Bedarf von SCHNEEBERGER angefragt werden kann.

Belastung Zahnstange und Ritzel



Zahnstange mit Längskaft F_L und Ritzel mit Drehmoment T_N

Die Tabelle gibt einen Überblick über die maximale Kraft F_L und das max. Drehmoment T_N in Abhängigkeit von Baugröße und Zahnstangenausführung des MONORAIL BZ, Zähnezahl z des Ritzels und der Anzahl Lastwechsel.
Die angegebenen Werte haben Gültigkeit bei guter Schmierung, stoßfreiem Betrieb und stabiler Lagerung.
Ein Sicherheitsfaktor für Zahnfußbeanspruchung $S_F \geq 1{,}4$ und ein Sicherheitsfaktor für Zahnflankenbeanspruchung $S_H \geq 1{,}0$ sind eingerechnet.
Ein Sicherheitsfaktor von $S_B \approx 1{,}0 - 4{,}0$ für die Betriebsbedingungen (Winkelfehler, Mangelschmierung, Schmutz, ...) ist nach Erfahrung zu berücksichtigen.
Wir empfehlen je nach Anwendung die Werte für 10^6 oder 10^7 Lastwechsel zu verwenden. Werte für 10^5 sind nur in Ausnahmefällen, z. B. für statische Belastungen, und in Rücksprache mit SCHNEEBERGER zu verwenden.
Die Anzahl der anzusetzenden Lastwechsel bestimmt sich wie folgt:
Ist die Anzahl der Zähne des hauptsächlich genutzten Zahnstangenabschnittes mehr als das Zehnfache der Zähnezahl z des Ritzels, so kann mit 10^6 ausgelegt werden, andernfalls muss mit 10^7 Lastwechseln ausgelegt werden.

Anzahl Lastwechsel		10^5	10^5	10^6	10^6	10^7	10^7
	Ritzelzähnezahl z	T_N (Nm)	F_L (N)	T_N (Nm)	F_L (N)	T_N (Nm)	F_L (N)
Zahnstangen-Bauform und -Ausführung							
BZ 25							
weich	20	104	4895	34,2	1610	17,5	827
gehärtet	20	138	6500	132	6240	102	4800
weich	40	295	6900	132	3120	70	1600
gehärtet	40	281	6600	242	5700	181	4280
BZ 35							
weich	20	217	8180	73	2750	34	1280
gehärtet	20	285	10700	273	10300	214	8000
weich	42	627	11200	292	5240	183	3290
gehärtet	42	603	10800	522	9300	397	7130

Anmerkungen: F_L = Längskraft, T_N = Drehmoment

Berechnung Kräfte und Momente

$$F_{vs} = m \cdot g + m \cdot a + F_R$$

EDOKAEDA_0014

für vertikale Hubachse
F_{vs} Vorschubkraft (N)
m bewegte Masse (kg)
g Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²
a Beschleunigung (m/s²)
F_R Reibungswiderstand (N)

$$F_{vs} = m \cdot a + F_R$$

EDOKAEDA_0015

für horizontale Fahrachse
F_{vs} Vorschubkraft (N)
m bewegte Masse (kg)
a Beschleunigung (m/s²)
F_R Reibungswiderstand (N)

$$a = v / t_b$$

EDOKAEDA_0016

a Beschleunigung (m/s²)
v Geschwindigkeit (m/s)
t_b Beschleunigungszeit (s)

$$F_R = \mu \cdot m \cdot g$$

EDOKAEDA_0017

F_R Reibungswiderstand (N)
μ Reibungskoeffizient
m bewegte Masse (kg)
g Erdbeschleunigung = 9,81 m/s²

$$M_{erf} = F_{vs} \cdot d / 2000$$

EDOKAEDA_0018

M_{erf} erforderliches Drehmoment
F_{vs} Vorschubkraft (N)
d Teilkreisdurchmesser (mm)

$$M_{zul} = T_N / S_B$$

EDOKAEDA_0019

M_{erf} zulässiges Drehmoment
T_N Drehmoment (aus Tabelle, vorherige Seite)
S_B Sicherheitsfaktor für Betriebsbedingungen

Der Sicherheitsfaktor für die Betriebsbedingungen (Winkelfehler, Mangelschmierung, Schmutz, ...) ist nach Erfahrung zu berücksichtigen (S_B ≈ 1,0 – 4,0).

Die Bedingung muss erfüllt sein:

$$M_{zul} > M_{erf}$$

EDOKAEDA_0020

M_{zul} zulässiges Drehmoment
M_{erf} erforderliches Drehmoment

SCHNEEBERGER-Berechnungsservice

Bei Bedarf führt SCHNEEBERGER eine exakte Auslegung des Zahnstangenantriebes durch. Hierfür werden folgende Angaben benötigt:

- Applikation
  - Beschreibung der Anwendung
- Anforderungen an Antrieb
  - Kleine Abmaße mit hohen übertragbaren Momenten
  - Positioniergenauigkeit
  - Laufruhe
  - Anzahl Lastwechsel pro Stunde
- Betriebsdaten
  - Dauerbetrieb oder intermittierender Betrieb (Anläufe/h)
  - Einschaltdauer
  - Antriebsdrehzahl
  - Art der Antriebsdrehzahl (variabel, kontinuierlich)
  - Gewünschte Abtriebsdrehzahl
  - Zu bewegende Masse
  - Gewünschte Geschwindigkeit der bewegten Masse
  - Beschleunigungszeit
  - Art des Einbaus des Zahnstangenantriebs
- Umgebung
  - Umgebungstemperatur
  - Feuchtigkeit
- Konfiguration
  - Zubehör
  - Anbaugeometrie Motor
  - Art des Abtriebs
  - Spezielle Modifikationen, Dimensionen oder Eigenschaften

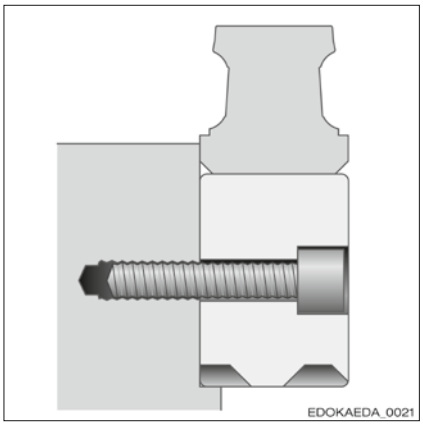
5.3.1 Befestigungsart

Die MONORAIL BZ Führungsschienen werden von der Seite an der Anschlusskonstruktion befestigt. Sie besitzen hierzu in den Zahnstangensegmenten seitliche Durchgangsbohrungen mit Ansenkung.

Befestigung von der Seite

Vorteile:

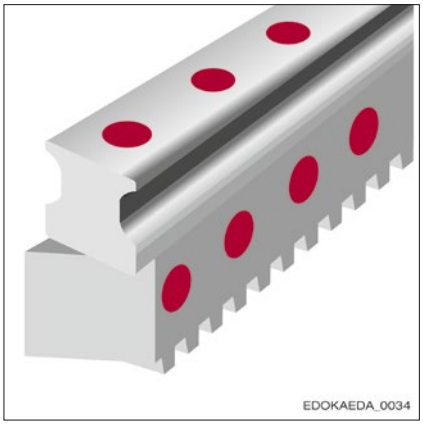
- Gute Zugänglichkeit der Befestigungsbohrungen
- Keine Schwächung der Verzahnung durch Befestigungsbohrungen



Befestigung der BZ Führungsschiene

5.3.2 Verschlusselemente für Bohrungen

Die seitlichen Befestigungsbohrungen können bei Bedarf mit Kunststoffstopfen BRK verschlossen werden. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich, da diese Bohrungen nicht im Bewegungsbereich der Führungswagen liegen.
Die Bohrungen für die Verbindungsschrauben zwischen Führungsschiene und Zahnstange sind in der Standardausführung werkseitig ebenfalls mit Kunststoffstopfen verschlossen.
Hinweise zur Montage sind in der Montageanleitung MONORAIL und AMS zu finden.



Bohrungen mit Kunststoffstopfen

5.3.3 Zulässige Schraubenanzugsmomente

Die maximalen Anziehdrehmomente für Befestigungsschrauben DIN 912 / ISO 4762 sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen. Hierbei wird von einem Reibungskoeffizient im Anlieferzustand von μ = 0,125 ausgegangen.



Vorsicht

Bauteilschaden durch nicht mit korrektem Drehmoment angezogene Schrauben

- ➡ Die Angaben der Schraubenhersteller sind zu beachten und in jedem Fall verbindlich.
- ➡ Schrauben mit niedrigem Kopf DIN 6912 sind entsprechend Klasse 8.8 anzuziehen.

Anziehdrehmomente für Befestigungsschrauben DIN 912 / ISO 4762, μ = 0,125

Maximales Anziehdrehmoment (Nm)								
Schraube	M6	M8						
Baugröße BZ	25	35						
Festigkeitsklasse 8.8	10	24						
12.9	16	40						

Werden die Befestigungsschrauben der Führungsschienen mit einem MoS_2-haltigen Fett geschmiert und unter Verwendung eines Drehmomentschlüssels angezogen, wird eine gleichmäßigere Vorspannkraft erzielt. Hieraus resultiert eine deutliche Verbesserung der Ablaufgenauigkeit.



Vorsicht

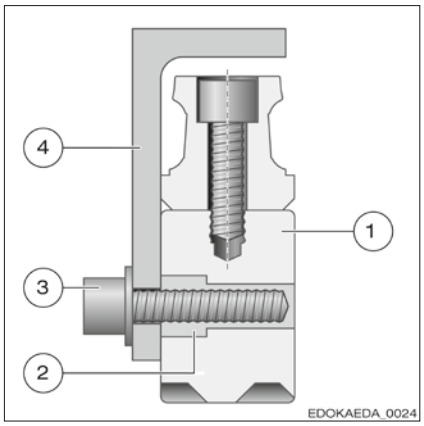
Bauteilschaden durch nicht mit korrektem Drehmoment angezogene Schrauben

- ➡ Bei Verwendung von Fetten, insbesondere MoS_2-haltigen, kann der Reibungskoeffizient μ bis auf die Hälfte absinken. Die Drehmomente sind entsprechend zu reduzieren.

Die Befestigungsschrauben sind zu sichern, falls Spannungsverluste erwartet werden. SCHNEEBERGER empfiehlt Befestigungsschrauben der Festigkeitsklasse 12.9 zu verwenden.

5.3.4 Transportschutz incl. Montagehilfe

MONORAIL BZ Führungsschienen, mit einer Länge > 1200 mm, werden mit einem Transportschutz ausgeliefert. Dieser besteht aus einem Alu-L-Profil, das über mehrere Klemmelemente mit der BZ Führungsschiene verbunden ist. Das L-Profil stabilisiert und schützt das BZ System, während Lagerung, Transport und Montage, gegen Knicke. Auf der Oberseite besitzt das Profil mehrere Gewindebohrungen, in die, für den Transport durch Hebezeuge, Ösen eingeschraubt werden können. BZ Systeme sollten immer in aufrechter Position, d. h. mit der Verzahnung nach unten, transportiert werden, da die Führungsschienen und der Transportschutz in dieser Richtung die größte Steifigkeit aufweisen. Der Transportschutz sollte erst entfernt werden, nachdem die BZ Führungsschiene an der Maschine befestigt wurde. Weitere Informationen entnehmen Sie bitte der Montageanleitung MONORAIL BZ.



1 BZ System
2 Klemmelement
3 Schraube
4 Transportschutz

Transportschutz der Führungsschiene mit Zahnstange

5.4.1 Stoßübergang

BZ Systeme mit einer Länge > 6 m werden aufgrund der begrenzten Länge der Einzelschienen aus mehreren Abschnitten zusammengesetzt. Durch Aneinanderreihen mehrerer Segmente können theoretisch beliebige Längen realisiert werden, wobei Schienenstöße und Zahnstangenstöße standardmäßig versetzt montiert werden.

5.4.2 Ausführung

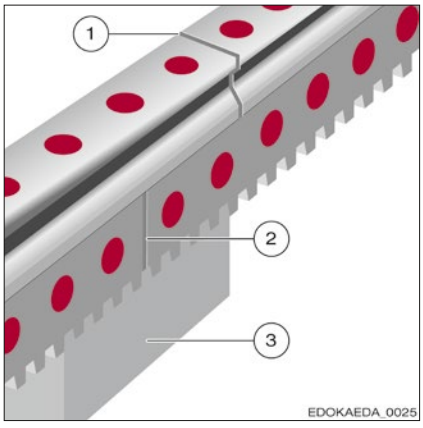
Die Führungsschienenenden der BZ Systeme werden für den Systemstoß werkseitig so vorbereitet und bearbeitet, dass Führungswagen und Abstreifer durch den entstehenden Spalt keine Lebensdauereinbuße erfahren.

5.4.3 Ausrichten

Auf die sorgfältige Montage des Systemstoßes am Maschinenbett ist unbedingt zu achten.
Generell sollten nach Möglichkeit Stöße nicht in stark belastete und häufig überfahrene Zonen gelegt werden.
Für die korrekte Ausrichtung der Systeme am Stoß sind zwei Kriterien entscheidend:

- Fluchten der Führungsschienen
- Korrekter Zahnabstand der Zahnstangen angrenzender Systeme

Die korrekte Ausrichtung der Führungsschienen in vertikaler und horizontaler Richtung quer zur Systemachse kann über entsprechend präzise maschinenseitige Anschläge und Ausrichten über Messuhren erfolgen. Siehe hierzu Montageanleitung MONORAIL und AMS.
Die Ausrichtung der Systeme in axialer Richtung muss über die Verzahnung so erfolgen, dass das Ritzel beim Überrollen der Stoßstelle nicht klemmt. Hierzu muss der Abstand der Zähne am Stoß so eingestellt werden, dass er mit den Abständen der restlichen Zahnstange übereinstimmt, sich also innerhalb des zulässigen Einzelteilungsfehlers der angrenzenden Zahnstangen bewegt. Hierzu wird für die Montage die Montagehilfe BZM, ein kurzes Zahnstangensegment mit einer Gegenverzahnung, eingesetzt. Diese wird, nachdem die Führungsschienen orthogonal ausgerichtet sind, mit einer Zwinge in die Verzahnung gezogen und richtet dadurch die Systeme axial zueinander aus. Hierzu muss mindestens eines der auszurichtenden Segmente axial leicht beweglich sein.



1 Stoß der Führungsschiene: 0,01-0,03 mm
2 Stoß der Zahnstange: 0,2-0,3 mm
3 Montagehilfe BZM

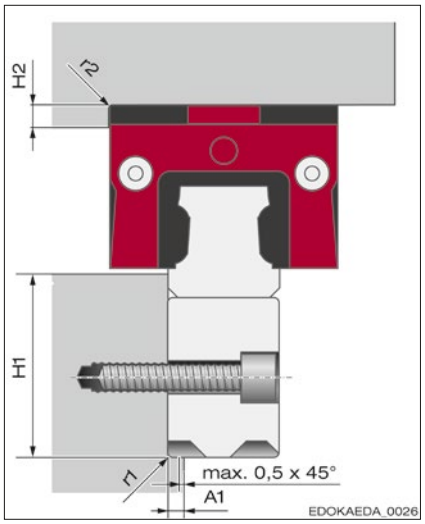
Montage von mehrteiligen Führungsschienen

5.4.4 Austauschbarkeit

Im Ersatzteilfall können mehrteilige BZ Führungsschienen nur komplett ausgetauscht werden. Eine nachträgliche Bestellung einzelner Teilstücke ist nicht möglich.

5.5.1 Seitliche Anschlagflächen

Für eine einfache Montage und präzise Ausrichtung der MONORAIL BZ Führung sollten die Montageflächen der Führungsschienen und Führungswagen mit seitlichen Anschlagflächen ausgestattet werden. Damit können gleichzeitig höhere Seitenkräfte auf den Führungswagen bzw. Druckkräfte auf die Führungsschiene übertragen werden, siehe hierzu die zulässige Seitenkraft ohne Anschlagflächen, Kapitel 5.3 - Befestigung Führungsschiene und 4.11 - Befestigung Führungswagen.
Die Einhaltung der nachfolgenden Höhenangaben für die Anschlagflächen garantiert eine sichere Kraftaufnahme und genügend Freiraum für die Führungswagen. Die Führungswagen und Führungsschienen besitzen an den Kanten der Anschlagflächen eine Fase, so dass die Anschlusskonstruktion ohne Hinterstiche ausgeführt werden kann. Die angegebenen Eckenradien sind Maximalwerte, die sicherstellen, dass Führungswagen und Führungsschienen korrekt an den Montageflächen anliegen.



Gestaltung der Anschlusskonstruktion

r1 Eckenradius Führungsschienenkante
r2 Eckenradius Führungswagenkante
H1 Anschlaghöhe Führungsschiene
H2 Anschlaghöhe Führungswagen
A1 Breite der Anlageschulter der Führungsschiene

Bauform	Größe	A1*	H1_min*	H1_max	H2_min*	r1_max	r2_max
BZ	25	3,0	38,5	40	4,5	0,8	1,1
	35	5,0	54,5	56,5	6	1,3	1,3

Anmerkung: * Werte A1, H1_min und H2_min gelten für Stahl und Stahlguss mit einer Streckgrenze von mindestens 240 N/mm².

Hinweis

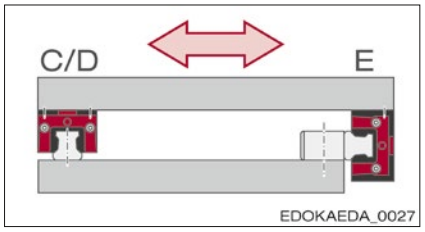
➡ Für kleinere Werte von A1 wird die maximale vertikale Belastung der Führungswagen reduziert. Ohne Verwendung einer Anlageschulter ist die Schraubenauslegung maßgeblich.

5.5.2 Einbauarten

Bei der Auswahl einer geeigneten Einbauart und Festlegung von Anzahl und Anordnung der seitlichen Anschlagflächen für die BZ Systeme müssen verschiedene Kriterien berücksichtigt werden. Dies sind:

- Belastung
- Erforderliche Genauigkeit
- Montageaufwand
- Einbausituation

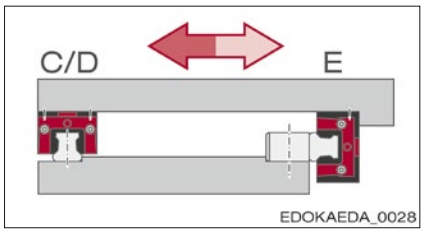
Details hierzu finden Sie im Kapitel 4.12 - Gestaltung der Anschlusskonstruktion. Nachfolgend werden einige typische Einbauarten beschrieben, die sich in Anzahl und Lage der Anschlagflächen, den übertragbaren Seitenkräften und dem Montageaufwand unterscheiden und als Konstruktionshilfe dienen sollen:



Keine Anschlagflächen

Merkmale:

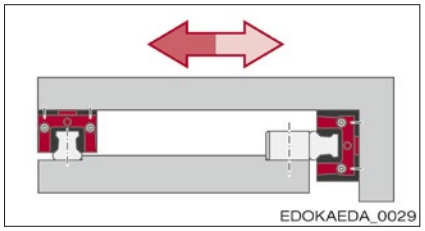
- Sehr einfache Gestaltung der Montageflächen
- Hoher Montageaufwand
- Geringe Kraftaufnahme von der Seite, Kräfte werden durch Reibschluss übertragen



Beide Führungsschienen und der Führungswagen der BZ Führungsschiene mit einem Anschlag

Merkmale:

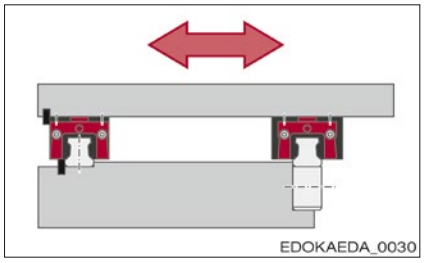
- Wagen auf BZ Führungsschiene mit seitlicher Befestigung
- Einfache Gestaltung der Montageflächen
- Geringer Montageaufwand
- Für hohe Seitenkräfte aus einer Richtung, z. B. für hängenden Einbau



Beide Führungsschienen und eine Führungswagenseite mit einem Anschlag

Merkmale:

- Wagen auf BZ Führungsschiene mit Befestigung von oben
- Aufwändige Gestaltung Schlitten
- Einfache Montage
- Für hohe Seitenkräfte aus einer Richtung, z. B. für hängenden Einbau



Beide Führungsschienen und eine Führungswagenseite mit einem Anschlag, eine Führungsschiene und deren Führungswagen zusätzlich mit Seitenfixierung

Merkmale:

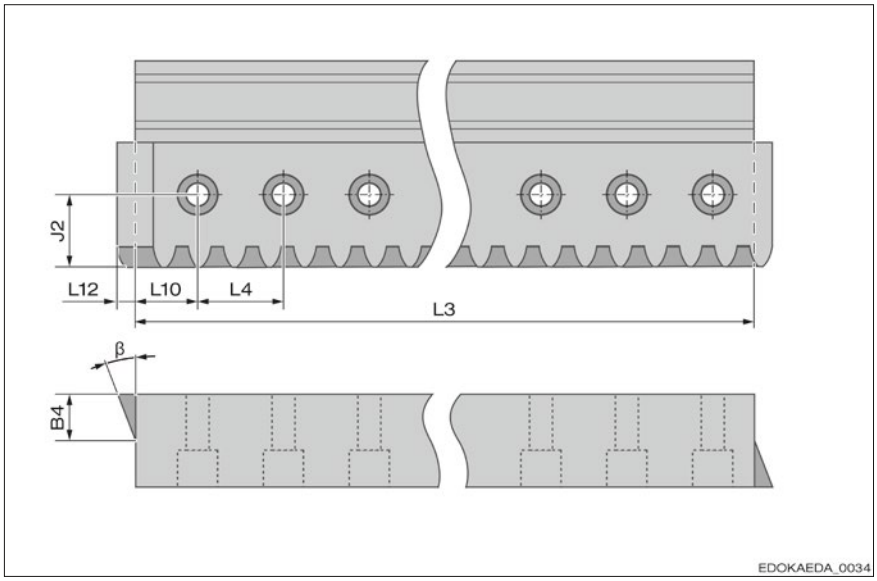
- Einfache Montage
- Für hohe Druckkräfte und hohe Seitenkräfte aus beiden Richtungen, z. B. für horizontale Achsen

5.5.3 Form- und Lagegenauigkeit der Anschlussflächen, Anschlussmaße

Auf einer deformationsarmen Konstruktion mit großer Formgenauigkeit kommen die Vorteile der SCHNEEBERGER MONORAIL BZ Führungen am besten zur Geltung. Ungenauigkeiten der Anbauflächen werden durch die elastische Deformation der Führung teilweise kompensiert, jedoch werden dadurch die Gesamtgenauigkeit, das Laufverhalten, die Verschiebekraft und die Lebensdauer negativ beeinflusst.
Für MONORAIL BZ gelten dieselben Vorgaben wie für MONORAIL. Im Kapitel 4.12 - Gestaltung der Anschlusskonstruktion sind die zulässigen Werte für

- Höhenabweichung in Querrichtung
- Höhenabweichung in Längsrichtung
- Parallelitätstoleranzen der Anschlagflächen und
- Ebenheit der Montageflächen

definiert. Die Oberflächengüte der Aufspannfläche hat keinen direkten Einfluss auf die Funktion und das Ablaufverhalten der Führung, jedoch auf die statische Genauigkeit. Führungswagen und Führungsschienen werden durch die Schraubenverbindungen mit hoher Kraft an die Montageflächen gepresst. Um ein Setzverhalten der Verbindung zu verhindern, ist ein hoher Traganteil der Oberflächen erforderlich. Dies wird durch eine hohe Oberflächengüte erreicht. Für die Auflage- und Anschlagflächen wird ein Mittenrauhwert von Ra 0,4 bis 1,6 µm empfohlen.



Anschlussmaße einer BZ-Schiene:

L3	Schienenlänge	L12	Überstand Zahnstange
L4	Bohrungsteilung	B4	Überstand Zahnstange(halbe Schienenbreite)
L10	Endbohrungsabstand	β	Schrägungswinkel

Die Werte zu den Anschlussmaßen finden Sie im Produktkatalog MONORAIL und AMS

5.6.1 Auslieferzustand Konservierung

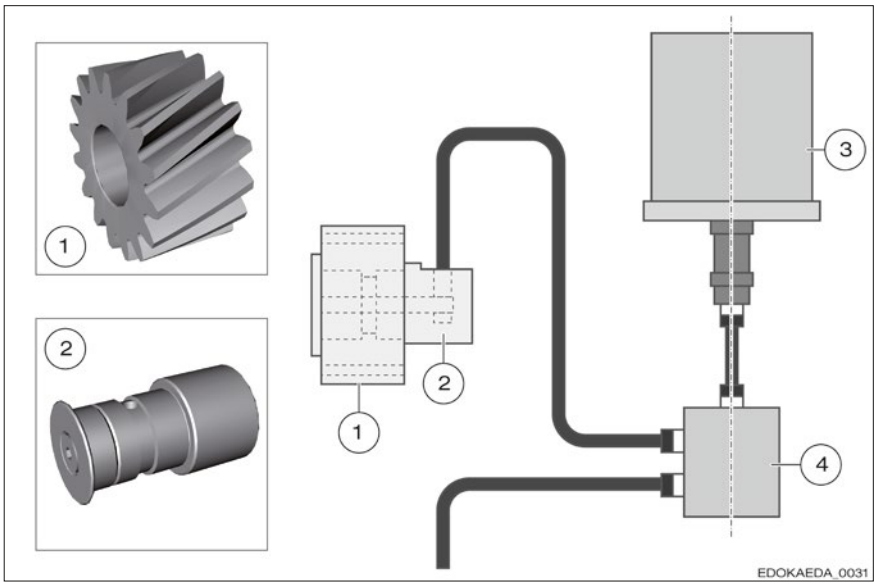
Bei der Auslieferung sind die MONORAIL BZ Systeme standardmäßig mit Öl konserviert. Die Konservierung dient, während Lagerung, Transport und Montage, als Schutz.
Vor Inbetriebnahme der Führung muss eine Erstschmierung der Zahnstangen durchgeführt werden.
Näheres zur Konservierung der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen finden Sie im Kapitel 4.13 - Schmierung.

Verwendeter Schmierstoff zur Konservierung:

Für die Konservierung wird ein Korrosionsschutzöl basierend auf einem synthetischen Esteröl Viskositätsklasse ISO VG 15 verwendet, das nicht aushärtet. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Verzahnung vor dem Einbau nicht gereinigt werden muss.
SCHNEEBERGER-Konservierungsstoffe sind mit Schmierstoffen auf Mineralölbasis verträglich. Dennoch muss die Verträglichkeit mit dem eingesetzten Schmierstoff geprüft werden.

5.6.2 Erstschmierung und Nachschmierung

Vor Inbetriebnahme von MONORAIL BZ Systemen muss eine Grundschmierung der Führung, und des Zahnsstangenantriebes mit Öl oder Fett durchgeführt werden. Hierzu die Zahnstange und das Antriebsritzel entweder manuell, z. B. mit einem Pinsel, ausreichend mit Schmierstoff benetzen oder den Schmierstoff automatisch über ein mitlaufendes Filzritzel auftragen. Das Filzritzel ist im Eingriff mit der Verzahnung der Zahnstange und überträgt den Schmierstoff. Auf diese Weise wird ein gleichmäßiger Schmierfilm aufgetragen. Die Zuführung des Schmierstoffs erfolgt durch die Achse. In diese kann entweder ein Schmiernippel eingeschraubt oder ein autonomer Schmierstoffspender angeschlossen werden. Dadurch wird eine automatische Schmierung erreicht. Eine Versorgung mit Schmierstoff über die Zentralschmieranlage der Maschine kommt meist nicht in Betracht, da für den Zahnstangenantrieb in der Regel andere Schmierstoffe mit wesentlich höherer Viskosität verwendet werden als für die SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen. Vor Inbetriebnahme der automatischen Schmierung das Filzritzel (BZR) vollständig mit Schmierstoff tränken.



Autonomer Schmierstoffspender:

1	Schmierritzel	3	Schmierpumpe
2	Ritzelnabe für Schmierritzel	4	Schmierverteiler

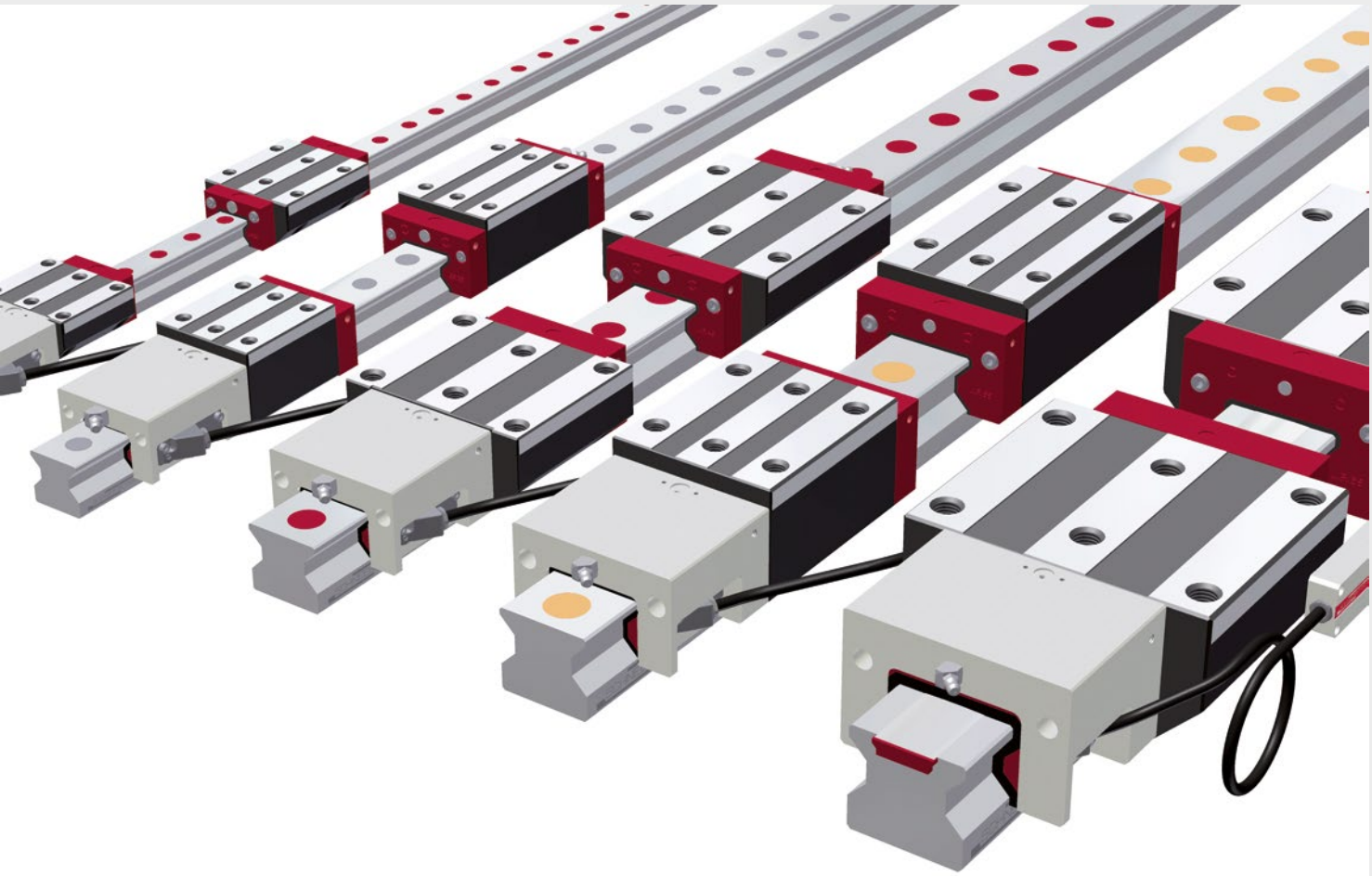
Zur Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit des Zahnstangenantriebes ist neben einer Grundschmierung in der Regel auch ein regelmäßiges Nachschmieren erforderlich. Für die Nachschmierung denselben Schmierstoff wie für die Erstschmierung verwenden bzw. die Verträglichkeit mit der Grundschmierung prüfen.
Die Schmierintervalle können je nach Anwendung stark schwanken und müssen im Betrieb festgelegt werden.
Die Filzritzel unterliegen einem Verschleiß und verhärten mit der Zeit. Sie sind daher regelmäßig zu überprüfen und ggf. auszutauschen. Ihre durchschnittliche Gebrauchsdauer liegt bei ca. einem Jahr.
Informationen zur Schmierung der Führung entnehmen Sie bitte dem Kapitel 4.13 - Schmierung.
Schmierzubehör für MONORAIL BZ siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.

5.6.3 Beschichtungen





Auf Wunsch sind die MONORAIL BZ Systeme mit Oberflächenbeschichtungen zum Schutz vor Korrosion erhältlich.
Hierbei ist zu beachten, dass nur die Führungswagen und Führungsschienen beschichtet werden. Die Zahnstangen und als Zubehör erhältliche Ritzel bleiben unbeschichtet.



SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

6 Entwicklung und Design: Messen 189

6.1 Integration 192

6.1.1 Eigenschaften 192

6.2 Produktübersicht 193

6.2.1 Messsysteme 193

6.2.2 Führungsschienenbauformen 194

6.2.3 Führungswagenbauformen 194

6.2.4 Systemvergleich – Technische Daten 195

6.2.5 Zubehör 196

6.3 Einflussfaktoren für die Produktauswahl 197

6.3.1 Produktauswahl 197

6.3.2 Anwendungsbeispiele 199

6.4 Anordnung der Messsysteme 200

6.4.1 Anordnung Messsystem und LesekopfLesekopfposition und Anschlagseiten 200

6.4.2 Verkabelung und Anbindung an Steuerung 202

6.5 Einsatzbedingungen 205

6.5.1 Schmierung 205

6.5.2 Verschleiß und Lebensdauer 205

6.6 Schirmung 206

6.6.1 Definition 206

6.6.2 Schirmungsarten 206

6.6.3 Schirmung der SCHNEEBERGER Längenmesssysteme 206

6.1.1 Eigenschaften

SCHNEEBERGER stellt mit AMS ein in die Profilschienenführung voll integriertes Wegmesssystem zu Verfügung, das direkt ohne Montage und Justagearbeiten des Maßstabes einbaubar ist. Auf Grund des einfach austauschbaren Lesekopfes und der Unempfindlichkeit des Systems gegen alle Arten von Schmutz, verringern sich zudem die notwendigen Service- und Wartungsarbeiten.
Somit werden durch die integrierte Bauweise, dem Zusammenführen von hochpräzisem Maßstab und der MONORAIL Führungsschiene, Kosteneinsparungen in der Konstruktion, Herstellung und Wartung der Produkte erzielt.

Genauigkeit

- Ausdehnungskoeffizient wie Stahl
- Gute thermische Kopplung an die Maschinenbasis
- Messung nahe am Bearbeitungsprozess
- Optimale Ausrichtung des Maßstabs
- Vibrationsbeständige Technik
- Die Maßverkörperung wird am einbaufertigen Bauteil produziert

Montage und Justage

- Einbaufertige Lösung (kein Mehraufwand)
- Keine Ausrichtung der Maßverkörperung
- Indirekte Einsparung von Aufnahmeteilen
- Äußerst einfache Inbetriebnahme (keine Justage)
- Phasensynchronisierte austauschbare Lösung (AMSA-3L)
- Keine Sperrluft notwendig

Service und Wartung

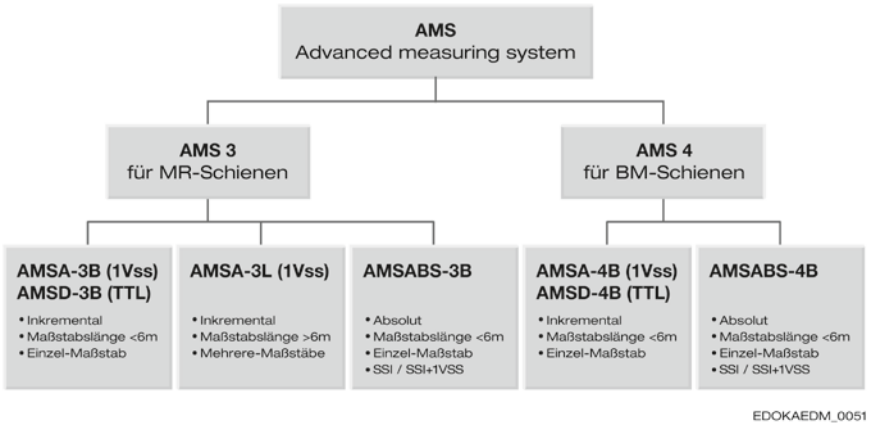
- Verschleißteile sind austauschbar
- Ein Lesekopf für alle Baugrößen
- Einfacher Lesekopftausch im Fehlerfall
- Schutzklasse IP68
- Widersteht Öl, Kühlmittel, Lösungsmittel
- Rostfreie Abdeckung des Maßstabs
- Unempfindlich gegen alle Arten von Fremdpartikeln
- Austauschbare Führungsschienensegmente (AMSA-3L)

Konstruktion und Produktionsprozess

- Lesekopf und Elektronik ist ein Bauteil
- Kurze Konstruktionszeiten, kompakte Lösungen
- Mehrere Leseköpfe können auf einer Führungsschiene betrieben werden
- Standardzubehör von MONORAIL ist einsetzbar
- Einteilig bis 6m. Standardisierte Segmentlängen für größere Längen
- Spezielle Führungsschienenenden und Leseköpfe für überfahrbare Lösungen (AMSA-3L)

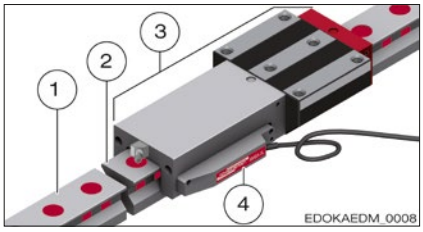
6.2.1 Messsysteme

SCHNEEBERGER bietet für alle Baugrößen der Typen BM und MR integrierte Messsysteme an:



Bei den Systemen ist die Messlänge auf 6 m begrenzt.
Für größere Messlängen gibt es auf Basis der Rollenführung MR und der inkrementellen analogen Schnittstelle das Produkt AMSA-3L.

AMSA 3L wird durch den mechanisch und messtechnisch sehr exakten Aufbau der Messschienen möglich. Die besondere Ausführung der Führungsschienenstöße in Kombination mit dem AMSA 3L Lesekopf erlaubt es, Stöße zu überfahren und beliebig lange Messachsen aufzubauen.



1 AMSA 3L Messschiene
2 AMSA 3L Stoss
3 AMSA 3L Messwagen
4 AMSA 3L Lesekopf

AMSA 3L Messsystem

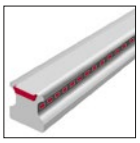
Das Produkt AMSA 3L zeichnet sich durch folgende besondere Eigenschaften aus:

- Große Messlänge
- Hohe Genauigkeit bei großen Messlängen
- Überfahren von Stößen ohne Genauigkeitsverlust
- Integrierte Elektronik im Lesekopf
  ➔ Keine Zusatzelektronik
- Einzelne Schienensegmente tauschbar
- Ein Lesekopf für alle Baugrößen

6.2.2 Führungsschienenbauformen

Die Führungsschienen mit integriertem Maßstab unterscheiden sich in der Querschnittsgeometrie nicht von den Standardführungsschienen.
Das Produktportfolio ist jedoch hinsichtlich der Befestigungsmöglichkeiten eingeschränkt:





Baugrößen/ Führungsschienen-bauformen	**N** standard	**NU** mit Gewinde von unten	**C** für Abdeckband
Größe 15	AMS 4B S 15-ND*		AMS 4B S 15-CD*
Größe 20	AMS 4B S 20-N		AMS 4B S 20-C
Größe 25	AMS 3B/4B/3L S 25-N	AMS 3B S 25-NU	AMS 3B/4B S 25-C
Größe 30	AMS 4B S 30-N		AMS 4B S 30-C
Größe 35	AMS 3B/4B/3L S 35-N	AMS 3B S 35-NU	AMS 3B/4B S 35-C
Größe 45	AMS 3B/4B/3L S 35-N	AMS 3B S 45-NU	AMS 3B/4B S 45-C
Größe 55	AMS 3B/3L S 55-N	AMS 3B S 55-NU	AMS 3B S 55-C
Größe 65	AMS 3B/3L S 65-N	AMS 3B S 65-NU	AMS 3B S 65-C
Besondere Eigenschaften			
Von oben anschraubbar	•		•
Von unten anschaubbar		•	
Geringer Montageaufwand		•	•
Große einteilige Systemlängen	•	•	•

Anmerkung: • = zutreffend, * Die Führungsschienen der Baugröße 15 sind durchgehärtet

Die MONORAIL AMS-Führungsschiene unterscheidet sich auch in den mechanischen Eigenschaften nicht von den Standard MONORAIL-Führungsschienen. Es können daher die Angaben für

- Toleranzen Führungsschienenlänge und Befestigungsbohrungen
- Zulässige Schraubenanzugsmomente
- Zulässige Seitenkraft ohne Anschlagfläche
- Details zu Führungsschienenbauformen, Befestigungsarten sowie maximalen einteiligen Führungsschienenlängen

den Kapiteln 4.3 - Führungsschienenbauformen und 4.9 - Befestigung Führungsschiene entnommen werden.

6.2.3 Führungswagenbauformen

Alle AMS Systeme können mit jedem für das Führungssystem verfügbaren Führungswagen (ausgenommen K-Führungswagen) kombiniert werden. Details zu den unterschiedlichen Führungswagenbauformen finden Sie im Kapitel 4.4 - Führungswagenbauformen.

6.2.4 Systemvergleich – Technische Daten

SCHNEEBERGER liefert Wegmesssysteme für unterschiedliche Anwendungsfälle. In nachfolgender Tabelle sind die Einsatzmöglichkeiten und technischen Spezifikationen der verschiedenen Systeme aufgezeigt.

Technische Daten Wegmesssysteme






	AMSA 3B/4B	AMSD 3B/4B	AMSABS 3B/4B	AMSA 3L
Wegmessung				
Inkrementell	·	·		·
Absolut			·	
Systemeigenschaften				
Maßverkörperung	Hartmagnetische periodische Nord-Süd-Teilung	Hartmagnetische periodische Nord-Süd-Teilung	Hartmagnetische periodische Nord-Süd-Teilung	Hartmagnetische periodische Nord-Süd-Teilung
Signalperiode	200 µm	200 µm	200 µm	200 µm
Referenzmarken äquidistant	50 mm	50 mm		L4*
Abstandscodiert (Grundperiode)	40/100 mm	40/100 mm	absolut	
Diagnose-LED	·	·	·	
Maximale Maßstabslänge				
≤ 6000 mm	·	·	·	
> 6000 mm				·
Integration				
MONORAIL MR	·	·	·	·
MONORAIL BM/BZ	·	·	·	
Genauigkeit				
Genauigkeitsklasse/ 1000 mm	± 5 µm	± 5 µm	± 5 µm	± 5 µm
Genauigkeitsklasse/ 40 mm	± 2 µm	± 2 µm	± 2 µm	± 2 µm
periodische Abweichung	± 0,7 µm	± 1 µm	± 0,7 µm	± 0,7 µm
Gesamtgenauigkeit am Stoß				± 7 µm
maximale Auflösung	**	0,2/1,0/5,0 µm	0,0977 µm	**
Hysterese	< 0,5 - 1 µm	< 0,5 µm**	< 0,5 - 1 µm	< 0,5 - 1 µm
Bewegung				
maximale Geschwindigkeit	3 m/s	3 m/s	3 m/s	1 m/s
Vibrationen / Stöße	30 g	30 g	30 g	10 g

	AMSA 3B/4B	AMSD 3B/4B	AMSABS 3B/4B	AMSA 3L			
Schnittstellen elektrisch							
analog	1 V_{SS}			1 V_{SS}			
digital		Quad.-Signal RS422 (TTL)					
digital absolut			SSI, SSI + 1 VSS				
Versorgungsspannung	5 ± 0,25 V	5 ± 0,25 V	5 V ± 10 % 24 V ± 10 %	5 ± 0,25 V			
Stromaufnahme (unbelastet)	40 mA	110 mA	< 200 mA	50 mA			
Schnittstellen mechanisch							
Steckertyp S	•	•		•			
Steckertyp R	•	•	•				
Steckertyp M	•	•	•	•			
Umwelt							
Schutzart	IP 68 (bis 0,3 bar)	IP 68 (bis 0,3 bar)	IP 68 (bis 0,3 bar)	IP 67			
Arbeitstemperatur	0°C - +70°C	0°C - +70°C	0°C - +70°C	0°C - +70°C			
Lagertemperatur	-20°C - +70°C	-20°C - +70°C	-20°C - +70°C	-20°C - +70°C			
Vibrationen/Stöße	30 g	30 g	30 g	10 g			

Anmerkung: • = zutreffend, •• durch Steuerung limitiert, in Verbindung mit SMEA bis zu 0,0625µm, * ausgenommen MR45, hier 105 mm (am Führungsschienenstoß 52,5 mm), ** oder digital einstellbar

6.2.5 Zubehör

Für die MONORAIL AMS Systeme kann ein Großteil des Zubehörs der entsprechenden MONORAIL Führungssysteme verwendet werden. Hierzu gehören:
Stopfen für die Führungsschienen (MRK/BRK, MRS/BRS, MRZ)

- Abdeckbänder (MAC/BAC)
- Montagewerkzeuge für Stopfen (MWH)
- Zusatzabstreifer (ZCN/ZBN, ZCV/ZBV)
- Faltenbalg (FBM/FBB)
- Schmierplatten (SPL)
- Schmiernippel und Schmieradapter

Zusätzlich bietet SCHNEEBERGER spezielles Zubehör für MONORAIL AMS an:

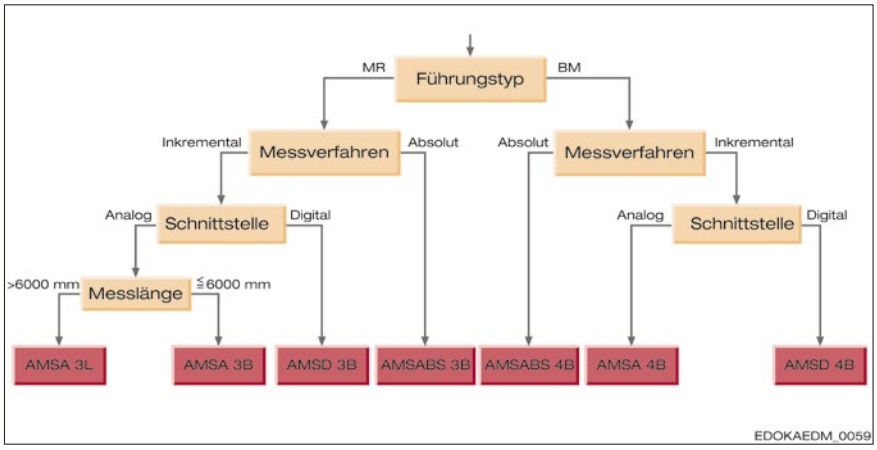
- Kabel
- Blechabstreifer für AMS (ASM/ABM - xx A)
- Montagehilfe für AMSA 3L (MWM 3L)
- Endstück für AMSA 3L Führungsschienen (EST 3L)
- Montageschiene für AMSA 3L (MRM 3L)
- Parametriersoftware für AMSD und AMSABS

Eine komplette Übersicht über das verfügbare Zubehör finden Sie im SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.

6.3.1 Produktauswahl

Folgende Faktoren nehmen Einfluss auf die Auswahl eines Längenmesssystems:

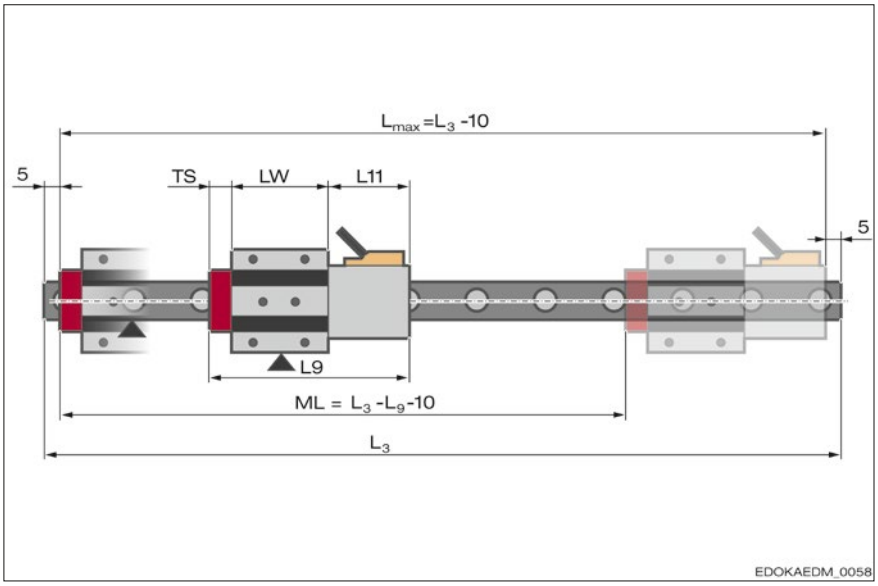
- Führungstyp Rolle – Kugel
  - Auswahlhilfen finden Sie im Kapitel 4.2 - Vergleich Kugel - Rolle
- Messverfahren Absolut – Inkremental
  - Schnittstellen, die Verfügbarkeit in Kapitel 6.2 - Produktübersicht
- Schnittstelle Analog – Digital
- Referenzierverfahren
  - Verfügbarkeit in Kapitel 6.2 - Produktüberischtt
- Geschwindigkeit
  - Abhängig vom eingesetzten Führungssystem; siehe Kapitel 6.2 - Produktübersicht
- Messlänge
- Umgebungsbedingungen
- Steuerungen



Messlänge

Die Messlänge bei linearen Wegmesssystemen ist die maximale Strecke, auf der die Weginformation gewonnen werden kann. Sie hängt bei maßstabsgebundenen Systemen von der Länge der Maßverkörperung ab.

Die Messlänge ML für das MONORAIL AMS ergibt sich gemäß Bild aus der Führungsschienenlänge L3 und der Länge des Führungswagens inkl. Lesekopfgehäuse L9 zu ML = L3 - L9 - 10 (mm).



Maximale nutzbare Länge (L_{max} = L3 - 10) und Messlänge (ML = L3 - L9 - 10):

L_{max}	maximale nutzbare Länge des Systems	L9	Gesamtlänge Führungswagen mit Anbaugehäuse
ML	Messlänge	L11	Länge des Anbaugehäuse
L3	Führungsschienenlänge	TS	Dicke der Stirnplatte
		LW	Innere Länge Wagenkörper

Für größere Messlängen wurde von SCHNEEBERGER das „AMS long" entwickelt. Detaillierte Informationen zu diesem Produkt finden Sie im Kapitel 6.2 - Produktübersicht.

Bei Maßstäben mit abstandscodierten Referenzmarken bestimmt die Grundperiode die maximale codierbare Länge, die wiederum die Messlänge des Messsystems begrenzt. Bei diesen Systemen wird oft bei kurzen Achsen die Grundperiode klein gewählt, um den maximal nötigen Verfahrweg bei der Referenzfahrt zu reduzieren. Je kleiner die Grundperiode, desto kleiner die codierbare Länge.
SCHNEEBERGER bietet für seine AMS Produkte mit abstandscodierten Referenzmarken verschiedenen Grundperioden an.
Die folgende Tabelle zeigt die maximal codierbare Länge L_{max} in Abhängigkeit der SCHNEEBERGER Standard Grundperioden GP.

Bezeichnung	GP (mm)	L_{max} (mm)
TD20	40	2840
TD50	100	22100 (theoretisch)*

Anmerkung: * durch maximale Führungsschienenlänge auf 6000mm begrenzt

Umgebungsbedingungen

Bei Verwendung von Kühlschmiermitteln ist die Verträglichkeit mit dem Schmierstoff zu prüfen und die Nachschmierintervalle entsprechend zu verkürzen. Bei langen Standzeiten oder Kurzhub sind zusätzliche Hübe über die volle Fahrstrecke vorzusehen, so genannte Schmier- und Reinigungshübe. Sie sollen ein Festkleben oder Festbacken der Kühlschmiermittel verhindern. Anhaftende Verschmutzungen können die Funktion des Messsystems stören und den Sensor beschädigen.

Wenn im Betrieb Späne oder Ähnliches auftreten, ist für ausreichenden Schutz der Messsysteme in Form von Abdeckungen zu sorgen.

Steuerungen

Die SCHNEEBERGER Wegmesssysteme können mit den meisten industriellen CNC Steuerungen eingesetzt werden, wie zum Beispiel den Siemens SINUMERIK CNC-Steuerungen und den FANUC CNC-Steuerungen.

Nähere Informationen zu einsetzbaren Steuerungen und deren spezifischen Einstellungen erhalten Sie beim Steuerungshersteller oder über die zuständige SCHNEEBERGER Vertretung.

6.3.2 Anwendungsbeispiele

Produkt	Merkmale	Anwendungsbeispiele
AMSABS 3B, 4B	• Integriertes absolutes Messsystem für MONORAIL MR und BM • Einsatz typisch in CNC Maschinen für Maßstabslänge ≤ 6 m	Dreh-, Schleif-, Fräs- und allgemeine Bearbeitungsmaschinen
AMSA 3B, 4B AMSD 3B, 4B	• Integriertes inkrementales Messsystem für MONORAIL MR und BM • Einsatz typisch in CNC Maschinen mit Achslängen ≤ 6 m	Dreh-, Schleif-, Fräs- und allgemeine Bearbeitungsmaschinen
AMSA 3L	• Integriertes inkrementelles Messsys-tem für MONORAIL MR • Einsatz in allen CNC-Großmaschinen mit Hub > 6 m	Große Fräs- und Drehmaschinen, Bohrwerke, Automatisierungslinien, Anlagen zur Flugzeugproduktion

6.4.1 Anordnung Messsystem und LesekopfLesekopfposition und Anschlagseiten

Der AMS Lesekopf kann bezogen auf den Führungswagen an vier verschiedenen Positionen angeordnet werden. Dies ermöglicht eine flexible Anpassung des Messsystems an die konstruktiven Gegebenheiten.
Für die Gestaltung sind folgende Schritte notwendig:

- Festlegung der Anschlagseite der Schiene
- Festlegung der Seite des Maßstabes
  - Hier sind alle Kombinationen möglich. Die jeweilige Bezeichnung lauten:



Anschlagseite unten, Maßstab unten



Anschlagseite unten, Maßstab oben



Anschlagseite oben, Maßstab unten



Anschlagseite oben, Maßstab oben

- Festlegung der Anschlagseite des Wagens im Bezug zur Schiene
  - Anschlagseite Wagen:

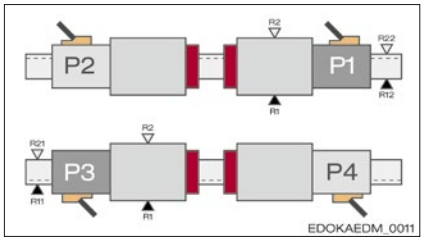


Anschlag unten



Anschlag oben

- Durch die ersten Schritte und der Notwendigkeit, dass der Lesekopf auf der Seite des Maßstabes platziert wird, ergibt sich die Lesekopfposition.



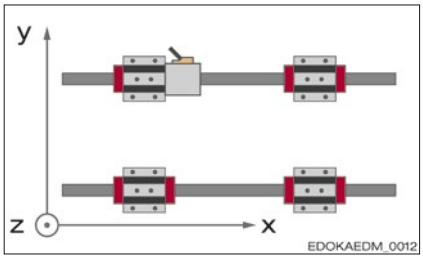
P1 Anbaugehäuse rechts, Lesekopf oben
P2 Anbaugehäuse links, Lesekopf oben
P3 Anbaugehäuse links, Lesekopf unten
P4 Anbaugehäuse rechts, Lesekopf unten

Position des Anbaugehäuses

Anordnung der Messsysteme

SCHNEEBERGER empfiehlt den Lesekopf zwischen den Wagen auf der Außenseite der Führung zu platzieren. Dies hat folgende Vorteile:

- Kein zusätzlicher Einbauraum oder zusätzliche Schienenlänge für das Anbaugehäuse und den Lesekopf erforderlich
- Geschützte Lage des Lesekopfs zwischen den Wagen
- Im allgemeinen gute Zugänglichkeit des Lesekopfs im Servicefall

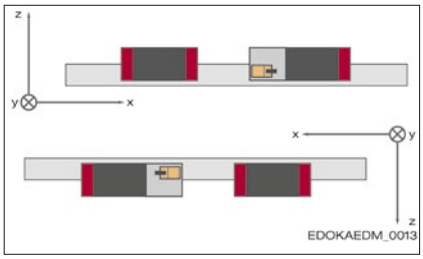


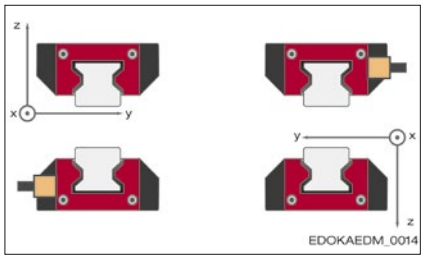
Position des Lesekopfs bei mehreren Wagen

Zusätzlich sollten in Abhängigkeit der Einbaulage der Achse folgende Empfehlungen berücksichtigt werden.

Horizontale Achsen

Schienen liegen horizontal nebeneinander, aufrecht stehend oder um 180° gedreht. Hier gilt die allgemeine Empfehlung der Lesekopfanordnung zwischen den Führungswagen. Der Lesekopf ist in jedem Fall gut geschützt, sofern der Maschinenschlitten den Bereich der Führung und des Lesekopfs überdeckt und die Maschine so gestaltet ist, dass sich keine Schmutz- oder Späneansammlungen neben der Schiene ablagern können.
Bei Einsatz in schmutziger Umgebung und bei Kühlmitteleinsatz sind zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich.

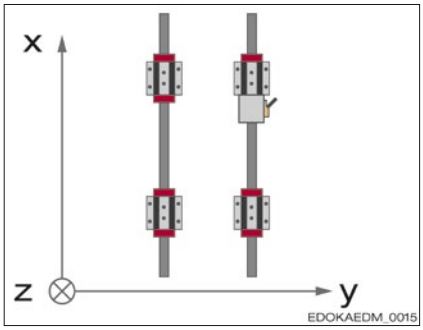




Lesekopfanordnung bei horizontaler Achse

Vertikale Achsen

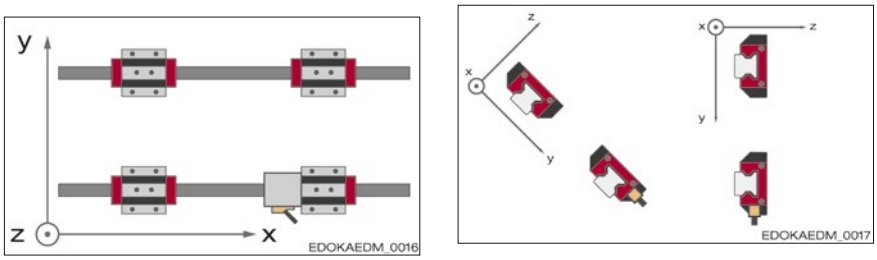
Die optimale Lage ist wie im Bild dargestellt hängend unter dem oberen Wagen. Herabfallende Schmutzpartikel und Späne können sich so nicht am Lesekopf ablagern. Die Schmierstoffversorgung ist durch einen Schmieranschluss am oberen Führungswagen sichergestellt.



Lesekopfanordnung bei vertikaler Achse

Horizontale Achsen mit Wandmontage

Schienen sind übereinander angeordnet und um 90° gedreht. Die beste Lage für den Lesekopf ist hier, je nach Zugänglichkeit der Achse, entweder an der Unterseite der unteren Schiene, sofern sichergestellt ist, dass sich in diesem Bereich kein Schmutz oder Späne an-häufen, oder an der Unterseite der oberen Schiene. Diese Empfehlung gilt auch für Schrägbettachsen mit z. B. 45° um die Längsachse gedrehtem Einbau.



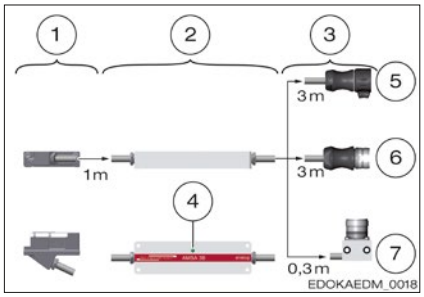
Lesekopfanordnung bei horizontaler Achse mit Wandmontage; 90° um Längsachse gedreht oder geneigter Einbau, z.B. 45° um Längsachse geneigt

Weitere Informationen zu Anordnung der Führung, Einbaulage und Schmierung finden Sie im Kapitel 4.7 - Einbauarten von Führungssystemen.

6.4.2 Verkabelung und Anbindung an Steuerung

Lesekopfschnittstelle

Die AMS Messsysteme sind je nach Typ mit verschiedenen mechanischen Schnittstellen lieferbar, siehe auch SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS. Grundsätzlich werden drei verschiedene Steckervarianten angeboten:



1 Lesekopf
2 Elektronikbox
3 Schnittstellen
4 Service LED
5 Steckertyp S: 12-poliger Rundstecker, mit Kontaktstiften und Überwurfmutter mit Innengewinde, Kabellänge: 3 m
6 Steckertyp R: 12/17-poliger Rundstecker, mit Kontaktstiften und Überwurfmutter mit Außengewinde, Kabellänge: 3 m
7 Steckertyp M: 12/17-poliger Rundstecker, mit Kontaktstiften und Außengewinde, eingebaut in einen Montagesockel, Kabellänge: 0,3 m

Übersicht der Elemente eines AMS Lesekopfs

SCHNEEBERGER empfiehlt den Steckertyp M zu verwenden, da dieser über die Befestigungslöcher des Montagesockels direkt an der Maschine in der Nähe des Kabelschlepps montiert werden kann. Von hier aus kann dann bei AMSA und AMSD mit einem Verlängerungskabel Typ KAO 13 zur Verbindungsstelle der Steuerung gefahren werden.
Übersicht über Schnittstellen, Verlängerungs- und Verbindungskabel siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS.
Als Sonderausführung ist die Lesekopfschnittstelle auch mit einem 0,17m langen Verbindungskabel zwischen Lesekopf und Elektronikbox verfügbar.

Elektronikbox

Die Elektronikbox des Lesekopfes sollte so angebracht werden, dass die Vorderseite der Box im Servicefall gut zugänglich ist. Hier befindet sich eine LED zur Anzeige des Betriebszustands. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Kabel von und zur Box nach dem Verlegen nicht gespannt sind und die minimalen Biegeradien (s. U.) eingehalten werden.

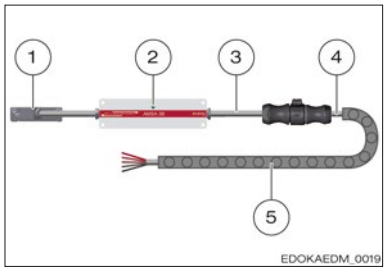
Kabel

Bei der Verlegung von Kabeln für das Messsystem müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Als Verlängerungs- und Verbindungskabel zwischen Messsystem und Steuerung kommen 12-polige Kabel mit einem minimalen Querschnitt von [4 x (2 x 0,14) + (2 x (2 x 0,5)] mm² zum Einsatz.
- Die maximalen Kabellängen betragen:

Signalart	Maximale Kabellänge
analog	30 m
digital	50 m
absolut	30 m

- Bei Verwendung von AMS mit analogem Signal und einer Interpolations- und Digitalisierungselektronik SMEa gelten die genannten Kabellängen ebenfalls, das heißt max. 30 m zwischen Messsystem und SMEa und 50 m zwischen SMEa und Steuerung.
- Bei Kabeldurchführungen die Abmessungen des Montagesockels gemäß Katalog bzw. Steckerdurchmesser (Ø = 28 mm) beachten.
- Kabel nicht neben Störquellen verlegen, z. B. magnetischen Feldern von Spannungsversorgungen, Netzleitungen, Motoren, Ventilen, Relais und deren Zuleitungen. Ausreichende Distanz zu störsignalführenden Kabeln wird erreicht mit:
  - Einem Abstand von 0,1 m
  - Einer geerdeten Zwischenwand, wenn metallische Kabelschachte verwendet werden
  - Einem Mindestabstand von 0,2 m zu Speicherdrosseln in Schaltnetzteilen
- Hydraulische Schläuche und elektrische Kabel trennen.
- Lesekopfkabel möglichst statisch verlegen, also z. B. nicht in Kabelschleppkanälen. Für Kabelschlepp Verlängerungskabel verwenden.



1 Lesekopf
2 Elektronikbox
3 Lesekopfkabel
4 Verlängerungskabel
5 Kabelschlepp (nicht im Lieferumfang enthalten)

Lesekopfschnittstelle mit Kabelschlepp

- Keine scharfkantigen Kanäle verwenden.
- Kabel ohne Zugbelastung verlegen.
- Biegeradien der Kabel einhalten:

Kabeldurchmesser	Zulässiger Biegeradius	
	Wechselbiegung	Einmalige Biegung
6 mm	> 75 mm	> 20 mm
8 mm	> 100 mm	> 40 mm

Schirmung

Die Kabel der AMS-Messsysteme sind standardmäßig gegen elektromagnetische Störfelder abgeschirmt. Der Schirm der Verbindungskabel wird über das Steckergehäuse an die Steuerung angeschlossen.
Zusätzlich zu den Kabelschirmen wirken die metallischen Gehäuse von Messsystem und Antriebssteuerung als Abschirmung. Diese Gehäuse müssen gleiches Potential aufweisen. Sie müssen über den Maschinenkörper bzw. den Steuerungsschrank an den Schutzleiter der Antriebssteuerung angeschlossen werden. Der Querschnitt der Potentialausgleichsleitungen muss mindestens 6 mm² (Cu) betragen.

- Gehäuse von Messsystem und Antriebssteuerung über den Maschinenkörper bzw. den Steuerungsschrank an der Erdung der Antriebssteuerung anschließen.
- Kabelschirm des Verbindungskabels zur Antriebssteuerung großflächig und möglichst induktionsarm direkt mit dem Steckergehäuse verbinden.



Hinweis

➡ Wenn Steckverbinder in einem Leitungszug vorhanden sind, elektrische Kontakte zwischen Verbindungskomponenten (Steckern) und anderen Metallteilen verhindern.

➡ Damit über die Metallgehäuse keine Massenschleifen entstehen, nur Übertragungsleitungen mit kunststoffummantelten Metallsteckern verwenden.

Zugänglichkeit des Messsystems in eingebautem Zustand

Bei unzugänglichen Achsen empfiehlt es sich in der Maschine eine Serviceöffnung zu schaffen, sodass Servicearbeiten am Messsystem einfach durchgeführt werden können. So sollten der Lesekopf sowie die Verbindung von Lesekopfkabel und Verlängerungskabel gut erreichbar sein.

6.5.1 Schmierung

Die Schmierung des Messsystems erfolgt indirekt über die Führungswagen der MONORAIL-Führung. Hierbei werden die Führungswagen gemäß den Vorgaben in Kapiteln 1.10 - Schmierung und 4.13 - Schmierung geschmiert; eine zusätzliche Schmierung ist nicht notwendig.
Die Schmierung hat für das Messsystem folgende Aufgaben:

- Gleitreibung und Verschleiß der Dichtungen reduzieren
- Zusammen mit dem Dichtungssystem das Eindringen von flüssigen oder festen Fremdkörpern in das Anbaugehäuse verhindern (bei Fettschmierung)
- Wärme abführen oder Verschmutzungen ausspülen (bei Ölschmierung)
- Vor Korrosion schützen
- Die metallischen und keramischen Gleitpartner durch Ausbildung eines tragfähigen Schmierstofffilms trennen
- Verschleiß am Sensorgleiter vermindern

Die Funktion des Sensors wird bei Schmierung nach Vorgabe nicht beeinflusst.

6.5.2 Verschleiß und Lebensdauer

Durch die Schmierung des Messsystems wird dem Verschleiß der Abstreifer, sowie dem Verschleiß der Gleitpartner entgegengewirkt. Bei ausreichender Schmierung tritt an den Gleitpartnern kein nennenswerter Verschleiß auf, sodass für die Lebensdauer des Messsystems die Lebensdauer der Führung maßgebend ist.
Zudem wurde das SCHNEEBERGER AMS System so entwickelt, dass bei nicht ausreichender Schmierstoffversorgung der mechanische Verschleiß des Schutzbands (Führungsschiene) gegenüber dem des Gleiters (Lesekopf) vernachlässigbar ist. Somit würde der Verschleiß bei einer leicht austauschbaren Komponente des Systems auftreten.

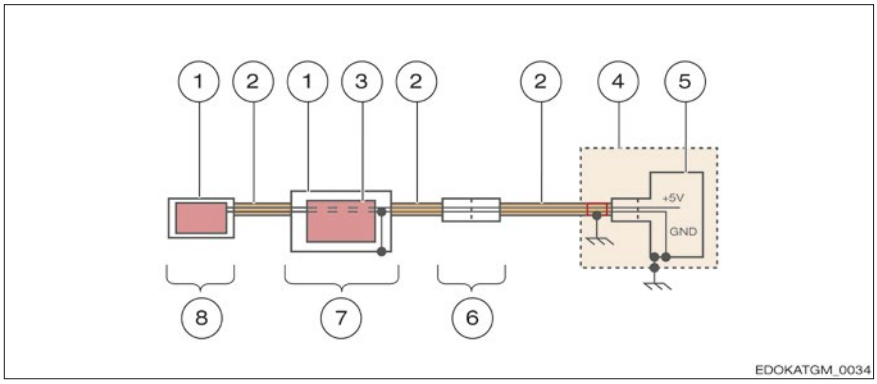
6.6.1 Definition

Schirmung bedeutet ganz allgemein den Schutz von elektronischen Geräten gegen elektromagnetische Störungen. Diese können entweder durch elektromagnetische Strahlung oder leitungsgebunden auf das Gerät einwirken, wobei die Übertragung von einer störungsbehafteten Leitung auf eine andere Leitung über kapazitive oder induktive Kopplung erfolgen kann. Da der Frequenzbereich von elektromagnetischen Störungen im industriellen Bereich sehr groß ist und etwa von 10 kHz bei Schützen, Schaltreglern etc. bis 3 GHz bei Mobiltelefonen reicht und die verschiedenen Mechanismen der Störungsübertragung stark frequenzabhängig sind, ist es sehr schwierig vorherzusagen, welche Übertragungswege für Störungen im jeweiligen Anwendungsfall überwiegen und welche Abschirmmaßnahmen die wirksamsten sind.

6.6.2 Schirmungsarten

Die meisten Schirmmaßnahmen verwenden das Konzept des Faradayschen Käfigs oder der Störungsableitung, zumeist in ein allgemeines Bezugspotential „Erde“ oder „Schutzleiter“, wobei beide Methoden in der Regel kombiniert angewendet werden. Das Prinzip des Faradayschen Käfigs beruht darauf, dass das Innere eines geschlossenen, elektrisch leitenden Körpers feldfrei ist. Der Schirm eines Kabels ist ein Beispiel für einen Faradayschen Käfig, wobei eine „Geschlossenheit“, das heißt Überdeckung, von 85 % und mehr erreicht wird. Die im Kabelschirm fließenden Störströme, also durch äußere elektromagnetische Strahlung induzierte Spannungen und Ströme, müssen möglichst effizient auf das Bezugspotential abgeleitet werden. Bei Wechselspannung entstehen frequenzabhängige komplexe Widerstände (Impedanzen), die zu störenden Spannungsabfällen vor allem an Kopplungsstellen verschiedener Geräteteile wie Kabelschirm, Stecker, Gehäuse, Deckel, Erdungsklemme usw. führen können. Ein niederer ohmscher Gleichstromwiderstand sagt noch nichts über die Güte (Impedanz) einer Verbindung bezüglich hochfrequenter Störfelder aus. Günstig sind kurze Längsabmessungen, große Querschnitte, eine großflächige Verbindung zweier Teile und ein großer Abstand zur Störquelle. Ein langer, dünner Erdungsdraht ist dagegen nahezu wirkungslos.
Die Störaussendung bzw. Störempfindlichkeit elektrischer und elektronischer Geräte ist durch verschiedene internationale Normen geregelt und es gibt dafür eine Vielzahl genormter Prüfverfahren. Die SCHNEEBERGER AMS Systeme haben solche Prüfungen auf Grundlage der Normen EN 55011, EN 61000-4-2, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-4-5, EN 61000-4-6 und ENV 50204 durchlaufen und bestanden.

6.6.3 Schirmung der SCHNEEBERGER Längenmesssysteme

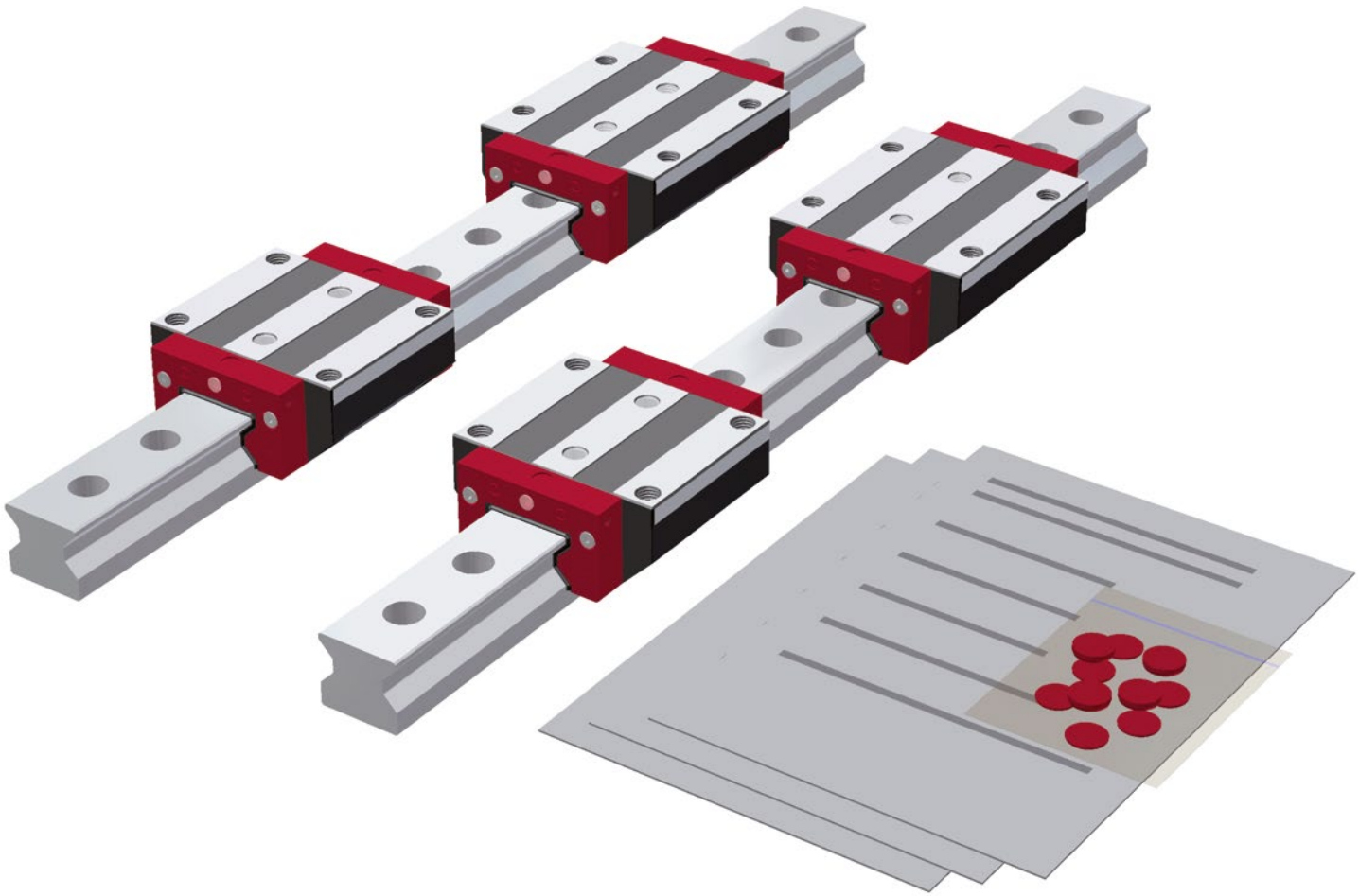


SCHNEEBERGER Schirmkonzept

1 Gehäuse
2 Kabelschirm
3 Elektronische Schaltung
4 Schaltschrank

1 Motorregler
2 Stecker
3 Elektronikgehäuse
4 Lesekopf

Die Gehäuse bilden mit den Kabelschirmen einen geschlossenen Faradayschen Käfig. Der Kabelschirm ist am Steckergehäuse aufgelegt. Um das Messsystem zu erden, muss der Außenschirm des Kabels mit der Erdung im Schaltschrank verbunden werden, so können die Störströme abgeleitet werden. Im Schaltschrank oder Regler ist 0 V = GND mit Masse (Schutzleiter) verbunden.
Durch die Verwendung EMV - gerechter Kabelverschraubungen kann der Übergang Kabelschirm zu Gehäuse ebenfalls niederimpedant realisiert werden. Außerdem ist im Elektronik-gehäuse 0 V mit dem Schirm verbunden, so dass Störungen auf den Versorgungsleitungen ebenfalls gut abfließen können.



SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

7	Lagerung und Transport	209
7.1	Auslieferzustand	212
7.2	Lagerung	213
7.3	Transport	214

Nachfolgend wird der Auslieferungszustand der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen beschrieben.
Standardmäßig werden alle Führungskomponenten einzeln verpackt ausgeliefert.

Einzelverpackung

Alle Führungskomponenten werden unmontiert, in Einzelverpackung geliefert.
Zubehör wird in separater Verpackung beigelegt.
Falls vom Kunden nicht definiert, sind alle Standard-Schmieranschlüsse geöffnet und mit Gewindestiften verschlossen (S99/S98). Nicht benötigte Schmieranschlüsse sind verschlossen. Einzelne Führungswagen werden zum Schutz der Wälzkörper auf einer Transportschiene ausgeliefert.
AMS-Messsysteme sind steckfertig montiert, elektrisches Zubehör und Kabel werden mit der Mechanik verpackt. Im Auslieferungszustand kann der Lesekopf entweder in das Anbaugehäuse montiert sein oder als Einzelteil in einer separaten Verpackung beiliegen.

Systemlieferung

Eine Systemlieferung bedeutet, dass die Führungswagen mit sämtlichem Zubehör montiert und der Führungsschiene im selben Packstück beigelegt werden. Schmieranschlüsse am Führungswagen werden entsprechend den Kundenvorgaben vorbereitet. Schmierzubehör wird je nach Vorgabe montiert oder in separater Verpackung beigelegt. Bei AMS-Systemen werden die Führungswagen mit sämtlichem Zubehör montiert und auf die Führungsschiene aufgeschoben.

Korrosionsschutz

Die Außenflächen der Führungswagen und der Führungsschienen werden mit einem aushärtenden Korrosionsschutzmittel behandelt. Die Wälzkörper sind mit einem Korrosionsschutz auf Mineralölbasis versehen. Auf Wunsch ist auch eine Konservierung mit Fett möglich. Führungswagen und Führungsschienen werden mit einer Korrosionsschutzfolie umwickelt. Für spezielle Anforderungen wie Überseetransport werden zusätzliche Vorkehrungen getroffen.

Verpackungsmaterial

Für die Schieneneinzellieferung sowie für die Systemauslieferung werden Kartonverpackungen verwendet. Holzkisten für bestimmte Länder oder spezielle Anforderungen sind gegen Aufpreis erhältlich. Diese sind IPPC (International Plant Protection Convention) behandelt. Die Wageneinzelverpackung erfolgt in Kartonschachteln. Wagen und Schienen werden in jedem Fall vor der Lieferung mit VCI-Folie zum Schutz vor Korrosion umwickelt. Bei Systemlieferung werden Einsätze aus Wellpappkarton (Lieferung in Kartonverpackungen) oder Seekieferplatten (Lieferung in Holzkisten) verwendet. Zubehör und Schmierzubehör wird beigelegt.

Produktbegleitdokumente

Produktspezifische Montagehinweise und Inbetriebnahmeanleitungen sowie kundenspezifische Protokolle werden mit den Produkten mitgeliefert. Ausführliche Montageanleitungen sind auf Anfrage bei SCHNEEBERGER erhältlich. Siehe Hinweise - Weiterführende Literatur.

Bei den SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen und dem Längenmesssystem AMS handelt es sich um hochpräzise Bauteile, die entsprechend sorgfältig zu behandeln sind. Zum Schutz vor Beschädigungen sind daher folgende Anweisungen zu befolgen:

- Lagerung in Originalverpackung ist begrenzt möglich. Zustand der Produkte in regelmäßigen Abständen kontrollieren.
- Führungsschienen müssen über die gesamte Länge unterstützt werden. Bei Führungsschienen länger 1,5 m mindestens an drei Stellen unterstützen.
- Abdeckbänder in aufgerolltem Zustand in der Originalverpackung lagern, gerade Abdeckbänder über die gesamte Länge unterstützen und nicht knicken.
- Führungswagen zum Schutz der Wälzkörper auf der Führungsschiene bzw. auf einer Transport- oder Montageschiene lagern.
- Produkte nicht im Freien lagern und vor Feuchtigkeit schützen.
- Wir empfehlen die Lagerung in einer dem Originalzustand entsprechenden Verpackung.
- Hohe Luftfeuchtigkeit und extreme Temperaturen und Temperaturschwankungen sind zu vermeiden. Ansonsten besteht die Gefahr der Kondensatbildung, der Korrosion sowie ggf. der Trennung des Schmierfettes in Dickungsmittel und Öl.
- SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen mit Längenmesssystem AMS vor Magnetfeldern und vor mechanischer Beschädigung schützen. Magnetfelder können die Magnetisierung des Maßstabes zerstören.
- Beim Messsystem AMS absolut den Aktivierungsstreifen an der Elektronikbox für die Stromversorgung nicht entfernen. Die Batterie erst bei der Montage aktivieren.
- Die Produkte erst am Montageplatz und unmittelbar vor der Montage aus der Originalverpackung entnehmen.

Allgemeines

Bei den SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen und dem Längenmesssystem AMS handelt es sich um hochpräzise Bauteile, die entsprechend sorgfältig zu behandeln sind. Beim innerbetrieblichen Transport dieser Produkte sind daher folgende Punkte zu beachten:

- Führungen und Zubehör in der Originalverpackung transportieren.
- Führungen vor Stößen und vor Feuchtigkeit schützen.

Schienen



Warnung

Schienen können beim Transport herabstürzen und Personen verletzen

➡ Lange Führungsschienen beim Transport mit einem Kran an mehreren Punkten aufhängen.

➡ Schwenkbereich langer Führungsschienen beachten.

Abdeckbänder

- Abdeckbänder dürfen während des Transportes nicht geknickt werden. Sie müssen immer über die ganze Länge unterstützt oder in aufgerolltem Zustand transportiert werden.
- Minimalen Biegeradius (Rmin = 0,4 m) der Abdeckbänder beachten.

Wagen



Vorsicht

Transportschienen sind nicht für die Montage der Führungswagen geeignet

➡ Für das Auffahren auf die Führungsschiene eine Montageschiene (MRM bzw. MBM) verwenden.

- Führungswagen zur Vermeidung von Wälzkörperverlust vor stoßartigen Belastungen schützen.
- Wagen stets auf der Führungsschiene oder auf einer Transportschiene bzw. Montageschiene transportieren.

Messsystem



Vorsicht

Magnetfelder können den magnetischen Maßstab der AMS Führungsschienen zerstören

➡ Schienen mit integriertem Maßstab vor Magnetfeldern schützen.

➡ Für den Transport keine Hubmagnete verwenden.

- AMS-Leseköpfe vor starken Vibrationen oder Stößen schützen (max. Stoßbelastung 30 g).
- Leseköpfe möglichst immer zusammen mit dem Führungswagen transportieren. Leseköpfe nur zum Auffahren des Führungswagens auf die Führungsschiene aus dem Anbaugehäuse entfernen.

Transportverpackung

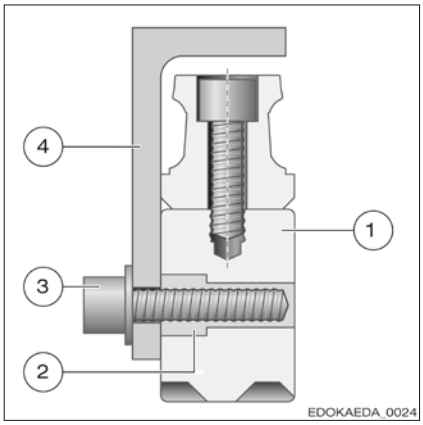
Die MONORAIL-Produkte werden entweder in einzelnen Kartons, in Holzkisten oder auf Paletten mit mehreren Packstücken versendet. Die Packstücke können eine Länge bis ca. 6 m aufweisen. Ab einem Bruttogewicht von 30 kg werden bei Kartonverpackungen Einweg- oder Mehrwegpaletten untergesetzt, um sie staplerfähig zu machen. Bei einer Packstücklänge ab 1,50 m werden unter Kartons zusätzlich Bretter zu Verstärkung angebracht, um einer zu starken Durchbiegung vorzubeugen.

- Bei Holzkisten und Paletten Aufnahmepunkte für den Gabelstapler beachten, um eine Beschädigung zu vermeiden.
- Lange Packstücke mittig im Schwerpunkt aufnehmen.
- Holzkisten sind bis zu einem Maximalgewicht von 1.000 kg aufeinander stapelbar.
- Kartons können bis zu einem Gewicht von 100 kg / m^2 gestapelt werden.

Transportschutz BZ

MONORAIL BZ Systeme mit integrierter Zahnstange werden zur Verbesserung der Transportsicherheit und des Handlings zusammen mit einem Alu-L-Profil ausgeliefert. Nach erfolgter Montage des Systems wird das Alu-Profil demontiert und kann entsorgt werden. Eine Rücksendung zur Wiederverwendung ggf. mit allen Montageteilen kann im Einzelfall mit SCHNEEBERGER vereinbart werden.

- BZ Systeme stets mit den Transportschutz tranportieren und lagern.
- Transportschutz erst nach Montage des Systems entfernen.



1 BZ System
2 Klemmelement
3 Schraube
4 Transportschutz

Transportschutz der Führungsschiene mit Zahnstange

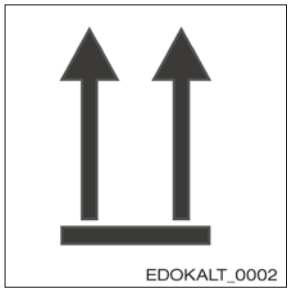
Hilfsmittel

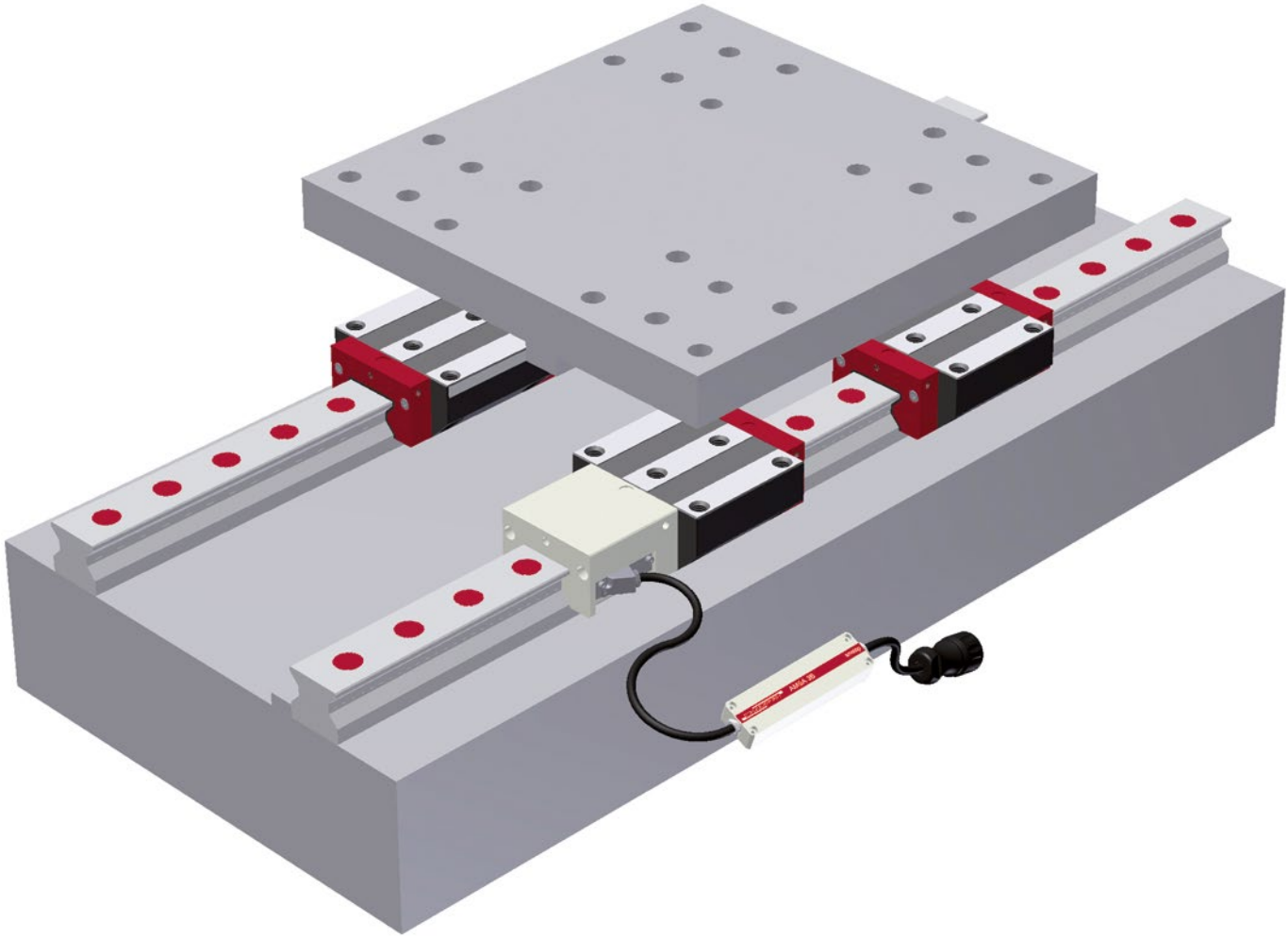
Als Hilfsmittel zum Bewegen von einzelnen Führungswagen und Führungsschienen oder von Packstücken können alle Hebezeuge, Kran oder Stapler verwendet werden.

- Nur geeignete Hebezeuge verwenden.
- Das Hebezeug darf die Produkte und deren Verpackung nicht beschädigen.
- Das Hebezeug muss die Durchbiegung minimieren.

Handhabungshinweise

Auf den Transportverpackungen der Führungen befinden sich folgende Symbole, die beachtet werden müssen.

Bezeichnung	Symbol	Erklärung
Zerbrechliches Packgut/ Fragile, Handle with care	 EDOKALT_0001	Das Symbol ist bei leicht zerbrechlichen Waren anzubringen. Derartig gekennzeichnete Waren sind sorgfältig zu behandeln und keineswegs zu stürzen oder zu schnüren.
Oben/This way up	 EDOKALT_0002	Das Packstück muss grundsätzlich so transportiert, umgeschlagen und gelagert werden, dass die Pfeile jederzeit nach oben zeigen. Rollen, Klappen, starkes Kippen oder Kanten sowie andere Formen des Handlings müssen unterbleiben. Die Ladung muss aber nicht „on top" gestaut werden.
Vor Nässe schützen/Keep dry	 EDOKALT_0003	Derartig gekennzeichnete Waren sind vor zu hoher Luftfeuchtigkeit zu schützen, sie müssen daher gedeckt gelagert werden. Können besonders schwere oder sperrige Packstücke nicht in Hallen oder Schuppen gelagert werden, sind sie sorgfältig abzuplanen.



SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

8	**Inbetriebnahme**		**217**
8.1	**Checkliste Führung**		**220**
	8.1.1	Montage und Prüfung Systemgenauigkeit	220
	8.1.2	Schmierstoffversorgung	220
	8.1.3	Korrosionsschutz	220
	8.1.4	Erstschmierung	220
	8.1.5	Schmierplatte SPL	221
8.2	**Checkliste Messsystem**		**222**

Vor Inbetriebnahme der Führung muss durch die Prüfung der nachfolgenden Punkte sichergestellt werden, dass die Funktionsfähigkeit der Führung hergestellt ist:

- Führung ordnungsgemäß montiert
- Systemgenauigkeit und Verschiebekraft überprüft
- Schmierstoffversorgung sichergestellt
- Korrosionsschutz entfernt und Führungsschiene eingeölt
- Erstschmierung durchgeführt
- Schienenabdeckungen montiert und Sitz geprüft
- Funktion der Abstreifer geprüft
- Funktion und Sitz der Faltenbälge geprüft

8.1.1 Montage und Prüfung Systemgenauigkeit

Nach der Montage der Führung gemäß „Montageanleitung MONORAIL und AMS" muss die Systemgenauigkeit durch Messung der Führungsschienenparallelität und der Ablaufgenauigkeit der Führung bzw. des Achsschlittens überprüft werden.

8.1.2 Schmierstoffversorgung

Es muss sichergestellt sein, dass die Schmierstoffversorgung ordnungsgemäß funktioniert. Beim Verfahren der Führungswagen und gleichzeitigen Betätigen der Zentralschmierung muss auf der Führungsschiene ein dünner Schmierfilm vorhanden sein und es dürfen im Schmiersystem keine Leckagen auftreten.

8.1.3 Korrosionsschutz

Bei Inbetriebnahme der Führung muss sichergestellt sein, dass der werkseitige Korrosionsschutz auf den Führungsschienen vollständig entfernt ist, siehe Montageanleitung MONORAIL und AMS, und dass die Führungsschienen leicht mit dem Schmierstoff der Führung benetzt sind. Ein dünner Schmierfilm auf den Führungsschienen reduziert den Schmierstoffverbrauch zu Beginn des Betriebes, da die Oberflächenrauheiten der Führungsschiene bereits mit Schmierstoff gefüllt sind.

8.1.4 Erstschmierung

Vor der Inbetriebnahme der Maschine muss eine Erstschmierung der Führungswagen (außer bei Führungswagen mit Vollbefettung ab Werk) mit Öl, Fett oder Fließfett durchgeführt werden.
Bei den verwendeten Schmierstoffen auf Verträglichkeit mit der werkseitigen Konservierung, den Kühlschmiermitteln und sonstigen Betriebsstoffen achten.
Erhalten die Führungswagen eine werksseitige Vollfettung, kann auf eine Erstschmierung verzichtet werden.
Bei Verwendung einer Zentralschmieranlage darauf achten, dass die Schmierleitungen ordnungsgemäß angeschlossen und entlüftet wurden. Hinweise der Anlagenhersteller beachten.
Nach der Erstschmierung prüfen, ob der Schmierstoff die Schmierstellen im Führungswagen erreicht hat. Beim Verfahren der Führungswagen muss ein deutlicher Schmierfilm auf den Laufbahnen der Führungsschiene sichtbar sein.

Schmierung mit Fett

Bei Fett oder Fließfett darauf achten, dass während der Befettung der Führungswagen am besten mehrmals um seine 3-fache Länge, mindestens jedoch um die einfache Führungswagenlänge, verfahren wird. Für den Fall, dass der maximale Hub kleiner als die Führungswagenlänge ist, Kapitel 4.13.8 - Applikationswissen Schmierung - Anforderungen an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen beachten.

Schmierung mit Öl

Bei Ölschmierung sollte die gesamte Ölmenge in einem Impuls oder in mehreren kurz aufeinander folgenden Impulsen eingespritzt werden und zwar während der Führungswagen verfahren wird.
Bei besonderer Einbaulage oder Kurzhub sind die Hinweise im Kapitel 4.13.8 - Applikationswissen Schmierung - Anforderungen an die Schmierung bei besonderen Einsatzbedingungen zu beachten.

8.1.5 Schmierplatte SPL

Schmierplatten werden grundsätzlich montagefertig, d. h. ölbefüllt ausgeliefert. Bei Auslieferung zusammen mit einem MONORAIL-System oder einzelnen Führungswagen sind die Führungswagen zusätzlich mit einem Wälzlagerfett erstbefüllt.
Falls Schmierplatten nachgerüstet werden, ist an den Führungswagen zusätzlich eine Voll-fettung (LV) durchzuführen. Empfohlene Schmiermengen siehe Kapitel 4.13.6 - Schmierung mit Fett.
Weitere Informationen zur Schmierplatte SPL siehe Kapitel 4.13 - Schmierung.

Schienenabdeckungen

Die Befestigungsbohrungen der Führungsschiene müssen komplett mit einem Abdeckband oder Stopfen verschlossen sein und die Verschlusselemente müssen so montiert sein, dass sich keine Schmutznester bilden oder die Abstreifer der Führungswagen beschädigt werden können.
Abdeckbänder müssen sauber und spaltfrei auf der Führungsschienenoberfläche aufliegen, die Enden mit Haltewinkel oder Endstücken gesichert sein.
Stopfen müssen bündig und parallel zur Führungsschienenoberfläche montiert sein und es dürfen keine Restspäne oder Grate vorhanden sein.

Abstreifer

Die Abstreifer am Führungswagen und an den Zubehörteilen müssen auf richtigen Sitz und Funktion geprüft werden:
Standard- und Zusatzabstreifer
Die Funktion der Querabstreifer ist gewährleistet, wenn auf die Führungsschiene aufgebrachter Schmierstoff sauber abgestreift wird und beim Zurückfahren der Führungswagen auf der überfahrenen Führungsschienenoberfläche keine Schlieren bildet.
Blechabstreifer
Die Abstreifer müssen rund um das Führungsschienenprofil einen gleichmäßigen Spalt bilden und dürfen die Führungsschiene an keiner Stelle berühren.

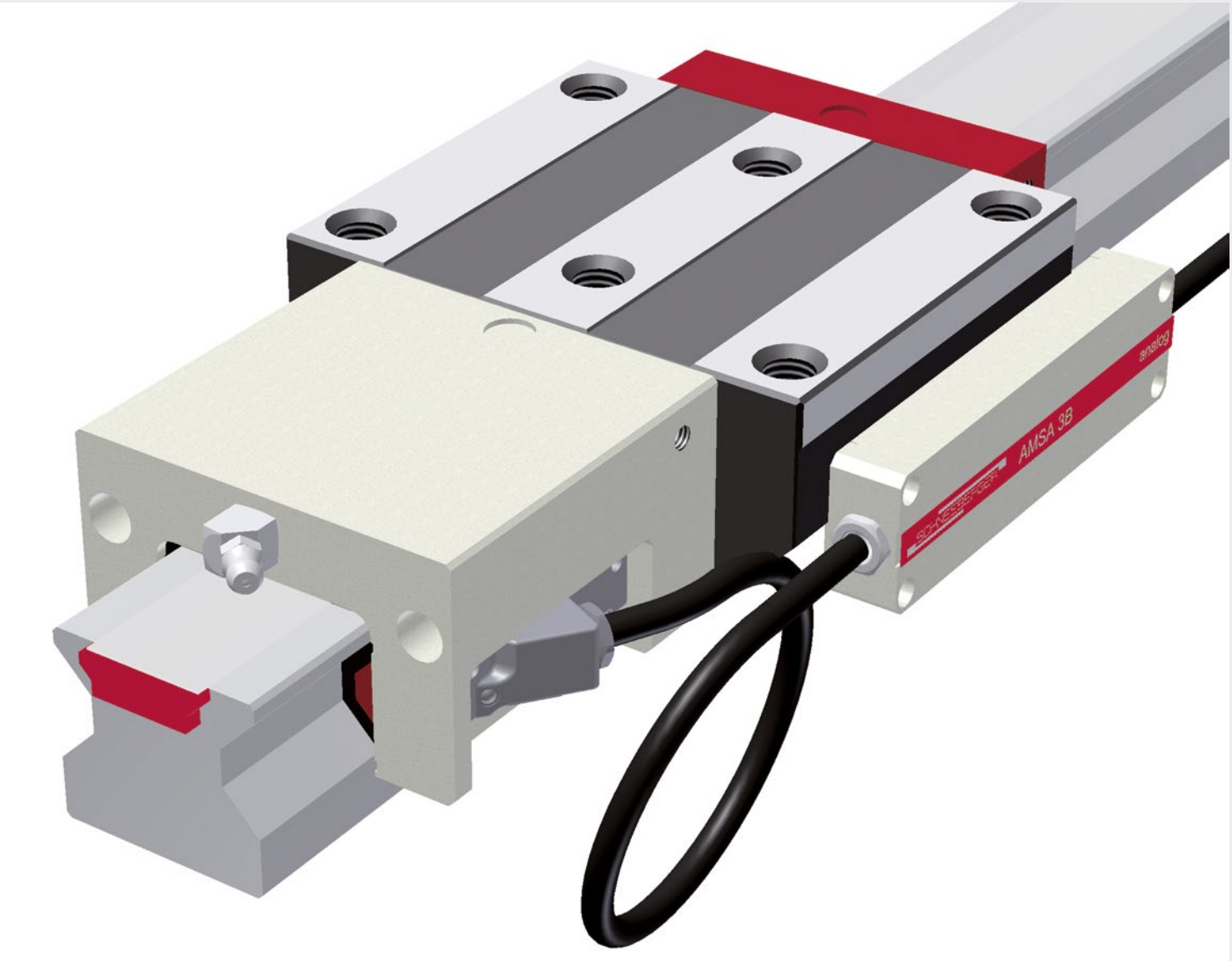
Faltenbalg

Bei Faltenbälgen muss die korrekte Montage an der Zwischen- und Endplatte, sowie ihre Freigängigkeit sichergestellt sein.

8.2 Checkliste Messsystem

Durch die Prüfung der nachfolgenden Punkte sicherstellen, dass die Funktionsfähigkeit des Messsystems hergestellt ist:

- Wagen mit Anbaugehäuse ist so auf Führungsschiene aufgefahren, dass sich die Aussparung für den Lesekopf auf der Führungsschienenseite mit dem Maßstab befindet. Maßstabseite erkennbar am Referenzmarkensymbol.
- Lesekopf korrekt in Anbaugehäuse montiert, siehe Weiterführende Dokumente.
- Kabel und Elektronikbox ordnungsgemäß verlegt, siehe Weiterführende Dokumente.
- Verbindung zur Steuerung hergestellt. Siehe Kapitel Weiterführende Dokumente.
- LED der Betriebszustandanzeige (optional) leuchtet grün nach Einschalten der Steuerung.



SCHNEEBERGER
LINEAR TECHNOLOGY

9	**Betrieb, Wartung und Service**		**223**
9.1	**Abstreifer**		**226**
	9.1.1	Prüfung	226
	9.1.2	Austausch	226
9.2	**Einflussfaktoren der Einsatzbedingungen**		**230**
	9.2.1	Umgebungsbedingungen	230
	9.2.2	Betriebsbedingungen	230
	9.2.3	Einbau der Führung	230
9.3	**Vorsichtsmaßnahmen**		**231**
9.4	**24-h-Lieferservice**		**232**
	9.4.1	Zielsetzung und Ablauf	232
	9.4.2	Produkte	232

9.1.1 Prüfung

Die Dichtungen der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen schützen die Führungswagen und das integrierte Wegmesssystem gegen das Eindringen von Fremdstoffen in Form von Festkörpern oder Flüssigkeiten und verhindern den Austrag von Schmierstoff. Ihre Funktionsfähigkeit beeinflusst somit wesentlich die Lebensdauer der Führung. Generell sind die Dichtungen so ausgelegt, dass sie bei ausreichender Schmierung und in sauberer Umgebung wartungsfrei sind.
Oft werden die Führungen jedoch unter Bedingungen eingesetzt, bei denen Staub und Späne auf die Führung gelangen können. Dies führt ebenso wie Mangelschmierung unweigerlich zu einem Verschleiß der Dichtlippen.
Die Abstreifer der Stirnplatten und Zusatzabstreifer müssen daher in regelmäßigen Abständen (maximal 6 Monate) auf Verschleiß untersucht und gegebenenfalls ausgetauscht werden.

Standard- und Zusatzabstreifer
Die Funktionsprüfung der Querabstreifer erfolgt am einfachsten mithilfe von Schmierstoff der auf die Führungsschiene aufgebracht wird. Beim Verfahren des Maschinenschlittens muss der Schmierstoff sauber abgestreift werden und darf beim Zurückfahren auf der überfahrenen Führungsschienenoberfläche keine Schlieren bilden. Im anderen Fall müssen die Stirnplatte (MR) bzw. Querabstreifer (BM) oder die Zusatzabstreifer ausgetauscht werden.

Blechabstreifer
Blechabstreifer sind wie auch die Zusatzabstreifer und Stirnplatten, bei erkennbarer mechanischer Beschädigung auszutauschen.

9.1.2 Austausch



Hinweis
- ➡ Bei MONORAIL BM ist die Stirnplatte Teil der Wälzkörperumlenkung. Ein Abziehen der Stirnplatte führt zu Verlust von Kugeln. Hier werden nur die Querabstreifer QAS und nicht die komplette Stirnplatte getauscht.
- ➡ Bei MONORAIL BM ist darauf zu achten, dass bei Austausch oder Nachrüsten von Zusatzabstreifern oder Schmierplatten die Stirnplatte gegen Ablösen gesichert wird. Gegenteiliges kann zu Kugelverlust führen.

Stirnplatten und Zusatzabstreifer können einzeln als Ersatzteile nachbestellt werden. Siehe SCHNEEBERGER-Produktkatalog MONORAIL und AMS. Bei Beschädigung der Längsabstreifer, die meist fest mit dem Führungswagen oder Anbaugehäuse (bei integrierten Wegmesssystemen) verbunden sind, muss der komplette Führungswagen gewechselt werden. Schäden an Längsabstreifern können meist erst nach vollständiger Demontage der Bauteile Führungswagen oder Anbaugehäuse festgestellt werden.

- Beim Austausch von Stirnplatten und Zusatzabstreifern (ZCN/V und ZBN/V) müssen die Befestigungsschrauben der Stirnplatten entfernt werden. Bei MONORAIL MR sollten Stirnplatten nur bei deren Austausch vom Führungswagen abgezogen und der Führungswagen nach dem Entfernen der Stirnplatte nicht bewegt werden.

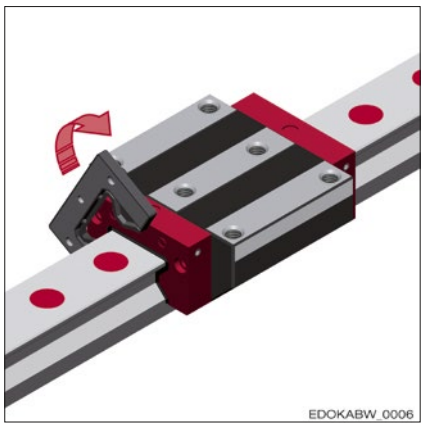
- Zum Auf- und Abfahren der Führungswagen von der Führungsschiene immer eine Montageführungsschiene MRM verwenden.



Weitere Informationen sind in der Montageanleitung MONORAIL und AMS zu finden.

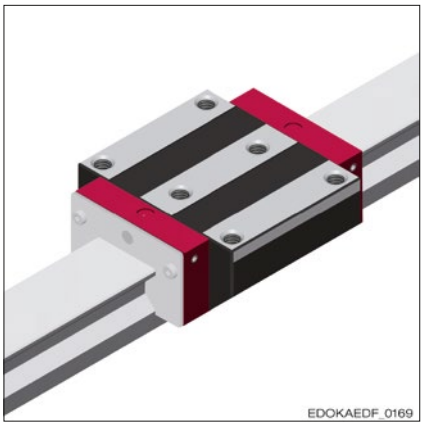
Zusatzabstreifer

Zusatzabstreifer können aufgrund ihrer Flexibilität nach dem Entfernen der Befestigungsschrauben radial nach oben von der Führungsschiene abgezogen werden. Die Montage erfolgt auf die gleiche Art durch Überstülpen über den Führungsschienenquerschnitt oder durch Auffahren über das Führungsschienenende. Dadurch können Zusatzabstreifer auch nachträglich installiert werden, z. B. bei Führungswagen, an denen die Querabstreifer der Stirnplatte verschlissen sind und die Führungswagen zum Austausch nicht von der Führungsschiene entfernt werden können. Vor dem Festziehen der Schrauben Abstreifer mithilfe der Zentrierkegel auf der Rückseite ausrichten und auf gleichmäßigen Sitz achten. Für das maximale Anziehdrehmoment der Schrauben siehe Tabelle Abschnitt Zulässige Schraubenanzugsmomente.



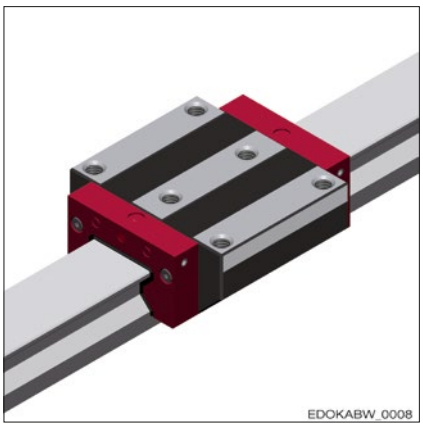
Blechabstreifer

Zum Austausch Schrauben an der Stirnplatte lösen und Abstreifer über das Führungsschienenende abziehen. Neuen Blechabstreifer über das Führungsschienenende auffahren.
Zur sicheren Funktionsweise benötigen die Blechabstreifer besonders im Bereich der Laufbahnen einen gleichmäßigen Spalt rund um das Führungsschienenprofil. Dieser muss bei der Montage eingestellt werden. Hierzu Befestigungsschrauben soweit eindrehen, dass sich Abstreifer noch von Hand verschieben lässt. Spalt mit Fühlerlehre bzw. entsprechenden Unterlagen einstellen. Blechabstreifer halten und Befestigungsschrauben anziehen. Maximales Drehmoment siehe Tabelle in Abschnitt Zulässige Schraubenanzugsmomente. Spalt nach dem Anziehen der Schrauben nochmals kontrollieren.



Stirnplatten MONORAIL MR

Bei den Stirnplatten wird die Schraubverbindung gelöst und die Stirnplatte axial von der Führungsschiene gezogen. Der Führungswagen darf hierbei nicht verschoben werden. Die Montage erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Beim Anziehen der Befestigungsschrauben maximales Anziehdrehmoment gemäß Abschnitt Zulässige Schraubenanzugsmomente beachten.



Stirnplatten MONORAIL BM

Bei MONORAIL BM werden nur die Querabstreifer in der Stirnplatte getauscht. Nach Abfahren des Führungswagens von der Führungsschiene mithilfe einer Montageführungsschiene können die Querabstreifer nach unten aus dem Stirnplattengehäuse herausgezogen werden. Neuen Querabstreifer in die Führungsnut ganz einschieben, bis der Abstreifer hörbar einrastet. Danach Führungswagen wieder auf die Führungsschiene auffahren.



Zulässige Schraubenanzugsmomente



Vorsicht

Bauteilschaden durch mehrfache Verwendung von Befestigungsschrauben

- Befestigungsschrauben nicht mehrfach verwenden.
- Die Schrauben sind mit einer Schraubensicherung versehen. Deren Haftkraft reduziert sich bei mehrmaligem Ein- und Ausdrehen, was zu einem ungewollten Lösen der Schrauben im Betrieb führen kann.

Die maximalen Anziehdrehmomente für die Befestigungsschrauben der Stirnplatten und Zusatzabstreifer sind nachfolgender Tabelle zu entnehmen.

Maximales Anziehdrehmoment Stirnplatte (Nm)

MONORAIL BM	Baugröße	M_{Anz}
	BM 15	0,5
	BM 20 – BM 35	0,9
	BM 45	1,2
MONORAIL MR	MR 25 – MR 35	1,3
	MR 45	1,5
	MR 55 – MR 100	2,2

9.2.1 Umgebungsbedingungen

Aus der Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich für SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen unterschiedlichste Umgebungsbedingungen, durch welche die Eigenschaften und Lebensdauer der Führung beeinflusst werden:

- Die Verschmutzung der Führungswagen durch Späne und Stäube kann durch die Verwendung von Zusatzabstreifern verhindert und dadurch die Einsatzdauer in schmutziger Umgebung gesteigert werden.
- Beim Einsatz von Kühlschmiermitteln besteht die Gefahr, dass diese den Schmierstoff aus der Führung auswaschen und dadurch Mangelschmierung entsteht. Dies kann ebenfalls durch Zusatzabstreifer erfolgreich vermindert werden. Kühlschmiermittel können auch durch chemische Reaktionen Kunststoffteile schädigen oder den Schmierstoff negativ beeinflussen, so dass er z. B. verklumpt.
- Feuchtigkeit kann sich auf den Führungsschienen und Führungswagen niederschlagen und an den Metallteilen zu Korrosion führen. Dies wird durch die Verwendung von nicht rostenden Materialien oder korrosionshemmenden Beschichtungen verhindert. SCHNEEBERGER bietet hierzu verschiedene Hartchrom-Beschichtungen und Produkte in Edelstahlausführung an.
- Temperaturen außerhalb der vorgesehenen Betriebstemperatur haben zur Folge, dass sich die Viskosität des Schmieröls verändert, was im schlimmsten Fall zu einem Schmierfilmabriss führen kann. Außerdem sind die mechanischen Eigenschaften der verwendeten Kunststoffe nur in bestimmten Temperaturgrenzen gegeben. Ein weiterer Punkt sind auftretende Längenänderungen der Bauteile bei Temperaturschwankungen. So können Temperaturdifferenzen zwischen Maschinenteilen durch unterschiedliche thermische Ausdehnung zu Spannungen zwischen Führungsschienen und Führungswagen führen und hohe Zusatzkräften verursachen.

9.2.2 Betriebsbedingungen

- Mangelschmierung führt zum vorzeitigen Ausfall der Führungen. Es ist daher beim Betrieb der Linearführung auf eine ausreichende und angepasste Schmierung zu achten.
- Ein weiterer Parameter ist die Verfahrgeschwindigkeit, die sich nur in den angegebenen Grenzen bewegen soll. Wird sie dauerhaft überschritten, können die Kunststoffteile der Umlenkung beschädigt werden.
- Kurzhubanwendungen, bei denen nicht alle Wälzkörper eines Umlaufs pro Hub in die Tragzone gebracht werden, erfordern besondere Maßnahmen im Hinblick auf die Schmierung.
- Schwingungen, Vibrationen und stoßartige Belastungen mindern ebenfalls die Lebensdauer und sind durch entsprechende Faktoren bei der Auslegung zu berücksichtigen.

9.2.3 Einbau der Führung

- Die erzielbare Lebensdauer wird durch die konstruktive Gestaltung des Einbauraums und die Anordnung der Führung wesentlich beeinflusst. Diese sollten so erfolgen, dass die Führung selbst als auch ein integriertes Wegmesssystem bestmöglich gegen den Einfluss von Stäuben, Spänen und Kühlschmierstoffen geschützt werden. Dazu gehört, dass Messsysteme grundsätzlich auf der vom Arbeitsraum abgewandten Seite angebracht werden.
- Ein weiterer Aspekt ist die Genauigkeit der Anschlusskonstruktion. Maschinenbetten oder Ständer können durch Abweichungen von der vorgegebenen Geometrie erhebliche Zusatzkräften auf die Führungen erzeugen, was wiederum die Lebensdauer senkt.
- Während der Montage der Führungen können durch mangelhaftes Ausrichten der Bauteile ebenfalls Zwangskräfte entstehen, die zur Lebensdauerminderung führen.

Zur Erhaltung der optimalen Funktionsfähigkeit der SCHNEEBERGER MONORAIL-Führungen über die gesamte Lebensdauer müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Bei allen SCHNEEBERGER Führungen handelt es sich um Präzisionsbauteile, die werkseitig optimal konserviert und verpackt werden. Bei Transport und Lagerung sind die Systeme vor Stößen und Feuchtigkeit zu schützen.
- Den Messsystemen sind Hinweise für den Transport und die Montage beigelegt, die beachtet werden müssen.
- Die Montage der Führungen sowie die Abdeckung der Schienenbohrungen sind fachgerecht durchzuführen. Hinweise zur Montage sind unter www.schneeberger.com im Bereich Download erhältlich.
- Die Führungen sind ausreichend mit einem dem Bewegungs- und Lastprofil sowie den Umgebungsbedingungen angepasst Schmierstoff zu versorgen. Für die Schmierstoffauswahl kontaktieren Sie direkt einen Schmierstoffhersteller. Schmierempfehlungen erhalten sie außerdem unter www.schneeberger.com.
- Die Verträglichkeit von Kühl- und Schmierstoffen ist vom Anwender vor Inbetriebnahme zu prüfen, um negative Einflüsse auf die Führung auszuschließen.
- Die Führungen sollten vor Verschmutzung, heißen Spänen und direktem Kontakt mit Kühlschmierstoffen durch Abdeckungen oder eine entsprechende Einbauposition geschützt werden.
- Ist in der Betriebsphase der Produkte mit Schmutzanfall oder Kühlmittelkontakt zu rechnen, sollten unbedingt Zusatzabstreifer verwendet werden. Die Funktion dieser Bauteile auf Dauer ist durch angepasste Inspektionsintervalle sicherzustellen. Hinweise zu diesen Produkten finden Sie unter www.schneeberger.com.
- Bei Kontakt der Führung mit heißen Spänen wird zusätzlich die Verwendung von Blechabstreifern empfohlen. Hinweise zu diesem Produkt finden Sie unter www.schneeberger.com.
- Die stirnseitigen Abstreifer sowie die Zusatzabstreifer der MONORAIL Führungswagen müssen in regelmäßigen Abständen auf Verschleiß untersucht und gegebenenfalls ausgetauscht werden.
- Bei dem Betrieb und der Dimensionierung von MONORAIL-Führungen ist stets die DIN 637 zu beachten. Des weiteren hat die DIN 637 grunsätzlich Gültigkeit, auch falls in diesem Werk der DIN 637 widersprechende Aussagen getroffen werden.

9.4.1 Zielsetzung und Ablauf

Mit dem 24-h-Lieferservice bietet SCHNEEBERGER die Möglichkeit MONORAIL-Führungen und AMS-Wegmessssysteme als Ersatzteile in dringenden Fällen, z. B. bei Maschinenstillstand, sehr kurzfristig zu bestellen. Hierfür unterhält SCHNEEBERGER ein eigens eingerichtetes Halbzeuglager für Führungswagen, Leseköpfe, Führungsschienen und Führungsschienen mit integriertem Maßstab.
Anfragen und Bestellungen können bei Bedarf direkt an SCHNEEBERGER gerichtet werden:

- Telefon-Nr. +49 7081 782 0 für Anfragen an die Abteilung 24-h-Service, werktags von 7:30 Uhr bis 17:00 Uhr
- Fax-Nr. +49 7081 782 124 für Bestellungen
- Bestellungen per Post an die Abteilung Service mit dem Vermerk „Eilauftrag für Abteilung 24-h-Service".

Eingehende Bestellungen bis 10:00 Uhr können lagerhaltige Waren in aller Regel noch am gleichen Tag versendet werden. Spätere Bestellungen werden innerhalb von 24 Stunden ausgeliefert.

9.4.2 Produkte

SCHNEEBERGER bietet für die Lieferung im 24-h-Service ein eingeschränktes Programm aus Standardprodukten an. Dieses umfasst:

- MONORAIL MR
  - Führungsschienenbauform: N, Standard; C, Abdeckband
  - Führungswagenbauform: A, B, C und D
  - Größe: 25-65
  - Genauigkeitsklasse: G0
  - Vorspannung: Mittelwert zwischen V2 und V3
- MONORAIL BM
  - Führungsschienenbauform: N (ND), Standard; C, Abdeckband
  - Führungswagenbauform: A, B, C, D, E, F und G
  - Größe: 15-45
  - Genauigkeitsklasse: G0
  - Vorspannung: Mittelwert zwischen V2 und V3
- MONORAIL AMS
  - Führungsschienen mit integriertem Wegmesssystem, Genauigkeitsklasse G0
  - Leseköpfe Bauform AMS30, AMSA 3B, AMSD 3B, AMSA 4B und AMSD 4B

Leseköpfe älterer Produkte und Sonderführungsschienen auf Anfrage.
Detaillierte Informationen zu den lieferbaren Produkten und Preisen erhalten Sie auf Anfrage.

www.schneeberger.com

www.schneeberger.com/contact

PROSPEKTE

- FIRMENBROSCHÜRE
- KUNDENSPEZIFISCHE FÜHRUNGEN
- LINEARFÜHRUNGEN und UMLAUFKÖRPER
- LINEARTISCHE
- MINERALGUSS SCHNEEBERGER
- MINISLIDE MSQscale
- MINI-X MINIRAIL / MINISCALE PLUS / MINISLIDE
- MONORAIL und AMS Profilschienen-Führungen mit integriertem Wegmesssystem
- MONORAIL und AMS Applikationskatalog
- POSITIONIERSYSTEME
- ZAHNSTANGEN

www.schneeberger.com

SCHNEEBERGER LINEAR TECHNOLOGY

SCHNEEBERGER MINERALGUSSTECHNIK

AM Genauigkeit A.MANNESMANN Ein Unternehmen der SCHNEEBERGER Lineartechnik