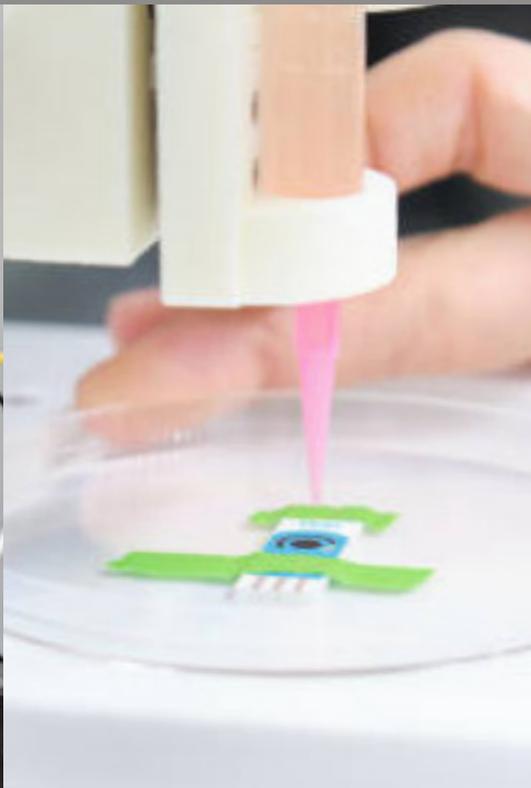
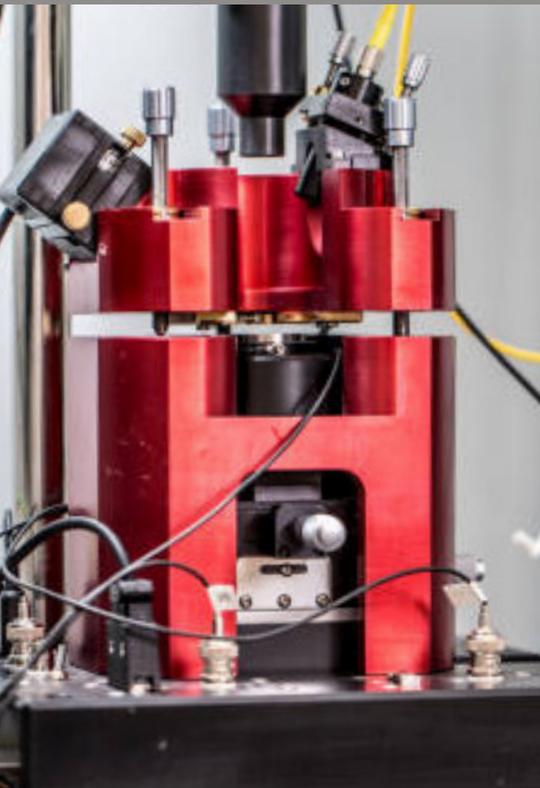


White Paper

# Linearbewegungstechnologie bringt die Fertigung in Biowissenschaften und Biomedizin voran: Der EM-Leitfaden



# Linearbewegungstechnologie bringt die Fertigung in Biowissenschaften und Biomedizin voran: Der OEM-Leitfaden

---

## Einleitung

Um dem kolossalen Wettbewerbsdruck und exponentiellem Marktwachstum gerecht zu werden, müssen Hersteller von Geräten im Bereich Life Science und Biomedizin ständig Verbesserungen in Technologien, Prozessen, Arbeitsabläufen und Erträgen verfolgen. Bei Verbesserungen geht es aber nicht nur darum, den Erfolg zu vergrößern. Sie müssen auch Ausfälle bei der Verwendung solcher fortschrittlichen Geräte verhindern, die in Forschung, Wissenschaft, Medizin und anderen kritischen Anwendungen eingesetzt werden.

Vernachlässigung von Verbesserungen und Schutzmaßnahmen in einer scheinbar geringfügigen Komponente dieser Instrumente – prozessintegrierte Linearbewegungssysteme – können Konsequenzen verursachen, die von ungünstig bis hin zu katastrophal reichen. Daher müssen die OEMs, die diese Geräte herstellen, sowie die Nutzer dieser Geräte besonders wachsam sein.

Dieser Bericht zeigt auf, wie Linearbewegungssysteme der nächsten Generation spezifiziert, konstruiert, installiert und gewartet werden können, um die biowissenschaftliche und biomedizinische Forschung sowie die Herstellung von Investitionsgütern voranzutreiben.

---

## Folgen

Technische Manager, technische Direktoren und CTOs weltweit berichten, dass eine zuverlässige lineare Bewegung eine absolute betriebliche Notwendigkeit ist.

Aus präventiver Sicht bedeutet dies, dass sowohl die Hersteller von Investitionsgütern als auch die Benutzer von Geräten selbst während des gesamten Prozesses auch relativ seltene Ausfallrisiken von linearen Bewegungsbauteilen oder -systemen überwachen müssen. Dazu gehören Geräte, die von DNA-Sequenzierung über Bioprinting bis hin zu Rasterkraftmikroskopen (AFM) reichen.

### Es steht viel auf dem Spiel.

Der Ausfall eines einzelnen Teils oder Systems kann die Nutzer von Geräten bei relativ kurzen Ausfallzeiten hunderttausende Dollar kosten. Je nach Standort, Schweregrad und Reaktionszeit für die Reparatur oder den Austausch können die Kosten natürlich noch mehr steigen.

Ein weiteres wichtiges Anliegen ist das Sicherheitsrisiko für das Personal. Auch wenn sie selten sind, können Konstruktionsfehler oder die Nichtbeachtung von Sicherheitsvorkehrungen im Betrieb zu Engpässen oder Ausreißern führen – und Schäden durch Quetschverletzungen oder Stromschläge verursachen.

### Spezifikation und Design

Zunächst einmal ist es natürlich wichtig, dass die Fertigungsanlage für Linearbewegungen vollständig ISO-zertifiziert ist, um die Konsistenz in allen wichtigen Prozessen zu gewährleisten. Darüber hinaus helfen sorgfältige Prototypenbauten dabei, Schritte aufzudecken, die für die Aufrechterhaltung von Leistung und/oder Zuverlässigkeit der fertigen Bewegungskomponente oder des fertigen Bewegungssystems entscheidend sind. Das Fehlen oder die nicht ordnungsgemäße Durchführung eines der vielen kleinen, entscheidenden Schritte bei der Montage oder Prüfung kann letztendlich zu einem fehlerhaften System vor Ort führen. Die

Hersteller von biomedizinischen und biowissenschaftlichen Instrumenten müssen sicherstellen, dass sie mit den richtigen, qualitativ hochwertigen und erfahrenen Anbietern von Linearbewegungen zusammenarbeiten. Darüber hinaus legen viele Hersteller von biowissenschaftlichen und biomedizinischen Geräten Ziele fest, die sich auf 5 bis 7 – und möglicherweise noch viel mehr – Jahre zuverlässigen Betriebs belaufen, bevor sie die Geräte durch eine Plattform der nächsten Generation ersetzen, die umfassend aktualisiert und/oder umgestaltet wurde. Die Berechnung der Bauteillebensdauer sollte entsprechend durchgeführt werden. Da die Arbeitszyklen von Fertigung zu Fertigung variieren können, wird bei vielen Linearbewegungskomponenten die Lebensdauer in Kilometern angegeben. Der Linearbewegungshersteller muss diese Berechnung dann in verschiedene Entscheidungen über das Produkt umsetzen. Ein weit verbreitetes Kabel gibt beispielsweise mehr als 10 Millionen Biegezyklen an, wenn ein Biegeradius von 50 Millimetern oder mehr einge-

halten wird. Ist der Biegeradius jedoch nicht korrekt bemessen, können vom Kabel herabfallende Partikel und/oder die Belastung auf Kabelschienen oder Steckverbindern vermutlich zu einem vorzeitigen Ausfall des Fertigungsbetriebes führen (insbesondere, wenn Wartungspläne nicht strikt eingehalten werden).

## Anpassungen in Betracht ziehen

Handelsübliche Teile spielen in vielen Baugruppen, die Hersteller von Anlagegütern für Anwendungen in Biowissenschaften und Biomedizin bauen, eine entscheidende Rolle. Ein Problem besteht beispielsweise darin, dass ein Positioniersystem aus dem Lagerbestand möglicherweise nicht für die genaue Kombination anderer Bauteile und Strukturen, die der Lieferant zusammenbaut, konzipiert und konstruiert wurde. Unerwartete Inkompatibilitäten können auftreten.

Die Frage lautet: Werden sie von einem guten Hersteller in den routinemäßigen Konstruktions-, Qualitätskontroll- und Prüfprotokollen erfasst? Wahrscheinlich. Aber nicht mit Sicherheit.

Häufig können nur kundenspezifische Angebote die Ziele der spezifischen Leistungsanforderungen erfüllen. Sie ermöglichen es dem Hersteller von Investitionsgütern, sich auf die Konstruktionsaspekte des Positioniersystemes zu konzentrieren, die die Anwendung erfordert – insbesondere auf die Anpassung von Faktoren von der Geschwindigkeit über die Beschleunigung bis zur Stabilität. Dadurch ist es sogar möglich, Kosten zu senken, indem unnötige Funktionen vermieden werden, über das ein handelsübliches Positioniersystem standardmäßig verfügt. Zudem wird für eine integrierte Lösung gesorgt ohne versteckte Inkompatibilitäten gesorgt.

Die Zulieferer von Anlagegütern für Biowissenschaften und Biomedizin sollten beim Hersteller von Linearbewegungstechnik auf eine echte Kontrolle ihrer Bestellung vom „Datenblatt bis zum Prototypenbau“ achten. Eine solche intelligente Anpassung

ist entscheidend, um Produktmängel zu antizipieren und zu beseitigen, Hindernisse bei der Integration zu vermeiden und Ausfälle zu verhindern.

Geben Sie Produkte mit der genauen Baugröße, Form, Beschichtung oder dem Material an, das Sie für Ihre Arbeit benötigen. Bestehen Sie auf Lösungen, die einzigartige Ziele in Bezug auf Genauigkeit,



Oberflächenvorbereitung für eine Linearbewegungskomponente

Geschwindigkeit, Ebenheit, Vorlast (zur Erhöhung der Steifigkeit durch Eliminierung interner Abstände), Lebensdauer, Wartungsniveaus und Preis erfüllen.

Manchmal können innovativere Materialien auch dazu beitragen, Risiken in spezifischen / kundenspezifischen Designs zu reduzieren. Eine Carbonfaserkonstruktion kann beispielsweise die strukturelle Festigkeit, Steifigkeit und Stabilität optimieren (trotz des geringeren Gewichts und der geringeren Dicke). Gleichzeitig können Keramiklager eine sinnvolle Lösung für spezifische Schmierprobleme sein.

## Vorsichtige Handhabung

Sobald eine Linearbewegungskomponente, die für eine bestimmte Biowissenschaft oder Biomedizinanwendung bestimmt ist, auf dem Boden des Anlagenbauers ankommt, können weitere Risiken entstehen. Hersteller von Linearbewegungstechnik können hinzugezogen werden, um eine

Reihe von Problemen zu lösen, die in dieser Zwischenstufe auftreten. Ein Linearmotor kann ein Bindungsproblem haben, bei dem die Spule, die sich innerhalb der Motorlaufbahn bewegt, an einem Punkt an dieser Bahn scheuert. Dies kann durch ein Handhabungsproblem verursacht worden sein, da die Spule oder die Laufbahn leicht verrutscht ist. Oder der Sattel – das sich bewegende System-Segment – kann anstoßen und verzerrt werden. Beim Bau des größeren Werkzeugs können zu lange Schrauben hinzugefügt werden, die durch eine lineare Bewegungsplatte in eine andere geschoben werden, was Kratzer und die Gefahr unvorhersehbarer Kräfte während des Betriebs verursacht. Oder eine Spule kann von ihrer Halterung abgeschraubt werden, um Zugang zum Verlegen eines zusätzlichen Kabels zu ermöglichen und dann falsch wieder verschraubt werden. Pannen wie diese bergen Risiken, die von leichten Leistungseinbußen in der Fertigung bis hin zu durchgebrannten Motoren und größeren Ausfallzeiten reichen. Auch die Oberflächenvorbereitung verdient besondere Aufmerksamkeit. Toleranzen müssen in allen Details übereinstimmen. In einigen Fällen kann ein Hersteller, der Werkzeuge für die Fertigung herstellt, eine lineare Bewegungskomponente beziehen, die für eine Ebenheit des Fahrwegs von z. B. 0,0005 Zoll (12,7 Mikron) konstruiert ist. Der Werkzeughersteller verschraubt diese Komponente dann jedoch auf eine größere Baugruppe mit einer Ebenheit von nur 0,005 Zoll (127 Mikron).

Die daraus resultierende Verdrehung der Bühne kann nahezu unmerklich sein. Dies kann z. B. dazu führen, dass die Lager verklemmen und dadurch vorzeitig verschleiben, dass zusätzliche Kräfte auf die Kugelumlaufspindel einwirken oder dass die Linearmotoren einen höheren Strombedarf haben, was zu übermäßiger Überhitzung und einem möglichen Ausfall führt.

## Erdung

Die Gewährleistung, dass alle Bauteile des Linearbewegungssystems über eine ordnungsgemäße elektrische Erdung verfügen, ist eine weitere Vorsichtsmaßnahme, welche die OEMs ergreifen können, um zukünftige Probleme zu vermeiden. Ein solches Versehen kann zu Stromschlagrisiken für den Bediener führen. Es kann sich aber auch auf die Systemleistung auswirken.

Eine Masseschleife im System, die durch den Massepfad zurückgeführt wird, könnte falsche Messwerte im Encoder induzieren, sodass eine Komponente nur 1 Millimeter Weg zurücklegt, der Controller aber einen Weg von 100 Millimetern registriert. Wird ein solches Versehen nicht bemerkt, kann beispielsweise die Positionsgenauigkeit zu Fehlern in den Messwerten der Instrumente führen, die eine ungenaue Analyse zur Folge haben.

## Effiziente Integration sicherstellen

Um Ihren Kunden die zuverlässigsten Produkte anbieten zu können, müssen die Hersteller von biowissenschaftlichen und biomedizinischen Investitionsgütern in großen Dimensionen, langfristig und präventiv denken. In vielen Situationen kann das Risiko eliminiert werden, bevor ein bewegliches Teil an der Verladestelle ankommt.

Denken Sie nicht daran, auch nur die besten Einzelkomponenten selbst zu kaufen. Konzentrieren Sie sich stattdessen auf die Entwicklung einer vollständigen Messlösung vom Boden bis zum Messpunkt. Neben Hochleistungs-Kreuzrollenlagern, die für extreme Laufruhe und Geschwindigkeit sorgen, suchen Sie nach einer Lösung, die die Verantwortung für die gesamte Baugruppe übernimmt. Dazu gehört nicht nur die Bühne, sondern auch der ordnungsgemäß isolierte Rahmen, an dem sie montiert ist. Dazu gehören auch modernste aktive Dämpfungsmaßnahmen. Diese Art von integrierter Technologie hilft, sowohl die Bewegung der Bauteile als auch etwaige Zusatzschwingungen sicher zu steuern. Was die Herstellung anbelangt, so ist der



Systemintegrationen von Linearbewegungskomponenten

Prozess, der vielleicht das größte Potenzial für Pannen birgt, der Entwurf und die Konstruktion des Steuerelements oder der Steuerelemente, die das lineare Bewegungssystem steuern. Probleme wie unsachgemäße Verdrahtung können auftreten und müssen, wie auch in anderen Bereichen des Aufbaus, vermieden werden. Aber gerade die unzähligen Schritte der Programmierung der Steuerung und der Integration der Hard- und Software erfordern die meiste Sorgfalt.

Werden alle Endschalter – mit Sensoren, die schützend ein- oder ausschalten, wenn die Bühne auf einen Punkt wie einen Festanschlag für die Wegbegrenzung trifft – optional bestellt, wenn es sich bei einer Bühne um einen Lagerkauf handelt? Waren alle ordnungsgemäß eingestellt, richtig ausgerichtet (mit Plus- oder Minusgrenzwerten, die ggf. an die linken oder rechten Pins gesendet wurden), ordnungsgemäß an den Controller angeschlossen und entsprechend verwendet?

Sind die Grenzwerte für den elektrischen Strom auf die richtigen Werte eingestellt? Ist die Bühne richtig abgestimmt? Ist die Geschwindigkeit so begrenzt, dass sie niemals die festgelegten Grenzwerte einer Komponente im System überschreitet? Im Extremfall kann ein Fehler hier sogar zu einem Ausreißer in der Anwendung führen. Das sich bewegende Teil verliert die Kommunikation mit der Steuerung und setzt sich von selbst in Bewegung, viel-

leicht bis zu dem Punkt, an dem es über das gewünschte Ende des Fahrwegs hinausgeht und einen anderen Teil der Maschine trifft.

Wahrscheinlicher ist jedoch, dass ein Versehen bei der Entwicklung der Steuerung zu einem Überstrom und damit zum Durchbrennen des Motors führen kann. Wenn Grenzwerte nicht korrekt angegeben sind und während des Fahrwegs eine motorgetriebene Komponente wie eine Bühne oder ein Tisch physisch durch etwas Unerwartetes auf ihrer Schiene behindert wird (eine heruntergefallene Schraube, die Hand eines Bedieners, das Ende des Fahrvorgangs usw.). In diesem Fall kann der Motor immer mehr Strom aufnehmen, bis er durchbrennt. Das Ergebnis: Abschalten der Geräte, Demontage und Wartung oder Austausch – alles mit erheblichen Ausfallzeiten und Kosten für diesen Teil der Anwendung verbunden.

Ein noch subtileres Problem kann entstehen, wenn die Konstrukteure der Steuerung es versäumen, alle möglichen Bedingungen zu berücksichtigen, die während des Betriebs der Linearbewegungsausrüstung auftreten können. Zum Beispiel könnte eine dreiaxige Linearbewegungskomponente bei allen Routineoperationen über Tausende von Iterationen hinweg perfekt funktionieren. Aber in einer außergewöhnlich seltenen Konfiguration, bei der keine Endschalter eingestellt sind, z. B. wenn sich alle X-, Y- und Z-Achsen gleichzeitig an ihren tiefsten Wegpunkten befinden,

kann die bewegliche Komponente in ihrer Umgebung in eine Struktur laufen, die bei der Planung nicht berücksichtigt wurde, (z. B. das Berühren eines nahegelegenen Pfostens oder Halters oder Spenders).

Das Problem ist: Linearführungen eignen sich hervorragend zur Aufnahme kontinuierlicher dynamischer und statischer Belastungen. Aber nicht für Stoßbelastungen. Wenn ein lineares Bewegungsbauteil mit hoher Geschwindigkeit auf etwas auftrifft, erzeugt es eine Belastung, die durchaus außerhalb der Spezifikation liegen kann. Möglicherweise könnte ein solcher Treffer jedes Lager im System zerstören.

## Transport und Installation

Die relativ geringe Widerstandsfähigkeit von Linearbewegungssystemen gegenüber Stoßbelastungen wurde bereits erwähnt. Die Punkte mit dem größten Risiko treten natürlich in drei Zeiträumen auf:

- 1) während des Transports vom Anbieter der Linearbewegung zum Werkzeughersteller für Investitionsgüter;
- 2) während des Eintreffens und der Integration des Systems in das Investitionsinstrument; und
- 3) während des Transports der fertigen Ausrüstung – Montage zur Prozessebene und Installation.

Ein zuverlässiger, erfahrene Anbieter von Linearbewegungssystemen kann die Wahrscheinlichkeit von Schockschäden in der ersten Phase erheblich verringern. Zuliefererexperten können frühzeitig die Platzverhältnisse im Fertigungsbetrieb ermitteln, sodass sie keinen Versteller konstruieren, der zu groß oder zu schwer ist, um ihn im Reinraum oder in der Fertigungsumgebung problemlos montieren zu können. Sie können auch den Einsatz von Transportausrüstung (Kräne, Rollbretter usw.) so planen, dass die Bühne sicher von der Kiste zum Werkzeug transportiert werden kann, wodurch das Verletzungsrisiko für das Personal vor Ort sowie die Gefahr von Beschädigungen durch Stöße minimiert wird. Schließlich kann das Linearbewegungssystem oder der entsprechende Teil des

## Im Reinraum

Sowohl in der ersten als auch in der zweiten Phase sollte der Zulieferer von Lineartechnik bewährte Verfahren beim Bau von Transportkisten und Absacksystemen befolgen. Ein guter Anbieter packt das System für den Transport in zwei Beutel, von denen einer in einer Stickstoffatmosphäre und der zweite in einem Reinraum untergebracht wird. Dann sorgen sie für spezielle Vorrichtungen und Wagen für empfindliche Transporters.

Wenn das System in der dritten Phase von oben auf der Werkzeugbaugruppe platziert wird, reicht der Kran des Werkzeugherstellers möglicherweise aus. Wenn ein schwierigeres Seitenlademaneöver erforderlich ist, stellt der Zulieferer eine spezielle Kammerkiste zur Verfügung, die bis zur Montage seitlich am Werkzeug verschraubt werden kann.

Werkzeugs bei der Installation mit den notwendigen passiven Isolierungsmaßnahmen (wie Elastomerfüße oder -pads) oder aktiven Isolationsdämpfern (sensorangepasste Airbagsysteme) ausgestattet werden, um die Gefahr von übermäßigen Stößen oder Vibrationen bei nachfolgenden Fertigungsvorgängen zu verringern.

## Schmierung

Obwohl Linearbewegungssysteme in der Regel Zyklus für Zyklus ohne Probleme oder besondere Aufmerksamkeit laufen, ist eine geringe regelmäßige Wartung immer von entscheidender Bedeutung. Hier gibt es drei zentrale Dinge für eine Wartung: Schmierung, Schmierung und Schmierung.

Jeder Anbieter von Linearsystemen liefert sein Produkt mit einem vorgegebenen Nachschmierzyklus. Da es jedoch in der Natur des Menschen liegt, können viele



Linearbewegung in einer Reinraumumgebung

Probleme auf einfache Versäumnisse bei der Einhaltung dieses empfohlenen Zyklus zurückgeführt werden. Ohne die notwendige Schmierung steigen die Reibungsspannungen und führen schließlich zu äußerst unerwünschten Ereignissen – wie z. B. Abschaltungen oder Durchbrennen des Motors.

Andere Probleme bei der Schmierung sind vorzeitige Lagerausfälle, die zu Leistungseinbußen wie Geradheit, Planheit, Steigung, Rollen und Gieren führen. Allerdings sind nicht alle Vakuumfette gleich. Verschiedene Systeme können unterschiedliche Formulierungen erfordern, wie sie von Klüber, Barrierta und Krytox vermarktet werden.

Achtung: Verwenden Sie an jeder Maschine nur das richtige Schmiermittel. Achten Sie darauf, dass Sie niemals unverträgliche Öle oder Fette mischen. Dazu gehört auch die Verwendung unterschiedlicher Schmiermittel bei der Wartung einer Maschine von einem Zyklus zum nächsten. Dadurch ändert sich die erforderliche Viskosität, die häufig zur Bildung eines gummiartigen, zementartigen Materials führt, das bei empfindlichen Geräten das Letzte ist, was man sich wünscht. Enthält das Material auch Partikel von einem zu sehr gebeugten Kabel, einer Kabelschleppe oder sogar von anderen Stellen, so wird die Schiene in der Regel bald versagen.

# Linearbewegungstechnologie bringt die Fertigung in Biowissenschaften und Biomedizin voran: Der OEM-Leitfaden

---

## Leistungs-Roadmap

Als Reaktion auf die Anforderungen der Hersteller von Kapitalanlagen arbeiten Hersteller von Linearbewegungsanlagen kontinuierlich daran, die Leistungsfähigkeit zu steigern. Stellen Sie zunächst sicher, dass Verbesserungen nicht versehentlich das Risiko von Linearbewegungsfehlern erhöhen.

Ein guter Anbieter von Linearbewegungen wird eine „Leistungs-Roadmap“ vorlegen, die die Funktionen des Systems hervorhebt, die nicht nur für aktuelle Anforderungen, sondern auch mit der Leistungskapazität für den Einsatz der nächsten Generation konzipiert werden können. Dieses Engagement ist besonders wichtig bei

der Herstellung von biowissenschaftlichen und biomedizinischen Forschungsgeräten mit modernster Technologie.

---

## Fazit

Linearbewegungs-Prozesssysteme sind möglicherweise nicht die wichtigsten Elemente in den meisten biowissenschaftlichen und biomedizinischen Geräten. Sie sind in der Regel auch nicht das Wichtigste für die meisten Benutzer von Instrumenten. Doch ihr Scheitern kann schwerwiegende Folgen haben- für beides. Glücklicherweise kann die richtige Beachtung von Design, Installation, Betrieb und Wartung sicherstellen, dass Linearbewegungssysteme eine entscheidende Rolle für den weiterhin kritischen – und vielleicht sogar lebensrettenden – erfolgreichen Betrieb der fortschrittlichsten biowissenschaftlichen und biomedizinischen Geräte spielen.

[www.schneeberger.com](http://www.schneeberger.com)

[www.schneeberger.com/contact](http://www.schneeberger.com/contact)

#### PROSPEKTE

- FIRMENBROSCHÜRE
- KUNDENSPEZIFISCHE FÜHRUNGEN
- LINEARFÜHRUNGEN und UMLAUFKÖRPER
- MINI-X MINIRAIL / MINISCALE PLUS / MINISLIDE
- MINERALGUSS SCHNEEBERGER
- LINEARTISCHE
- MINISLIDE MSQscale
- MONORAIL und AMS Profilschienen-Führungen mit integriertem Wegmesssystem
- MONORAIL und AMS Applikationskatalog
- POSITIONIERSYSTEME
- ZAHNSTANGEN



[www.schneeberger.com](http://www.schneeberger.com)

**SCHNEEBERGER**  
LINEAR TECHNOLOGY

**SCHNEEBERGER**  
MINERALGUSSTECHNIK



Genauigkeit

A.MANNESMANN  
Ein Unternehmen der  
**SCHNEEBERGER** Lineartechnik