



# XC-80

## Umweltkompensationseinheit

## Rechtliche Informationen

### Sicherheitshinweise

Vor der Verwendung des Lasersystems lesen Sie bitte die Informationsbroschüre zur Lasersicherheit.

### Haftungsausschluss

Renishaw ist um die Richtigkeit und Aktualität dieses Dokuments bemüht, übernimmt jedoch keinerlei Zusicherung bezüglich des Inhalts. Eine Haftung oder Garantie für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der zur Verfügung gestellten Informationen ist folglich ausgeschlossen.

### Marken

RENISHAW und das Messtaster-Symbol, wie sie im RENISHAW-Logo verwendet werden, sind eingetragene Marken von Renishaw plc im Vereinigten Königreich und anderen Ländern. **apply innovation** sowie Namen und Produktbezeichnungen von anderen Renishaw Produkten sind Schutzmarken von Renishaw plc und deren Niederlassungen.

Alle anderen Handelsnamen und Produktnamen, die in diesem Dokument verwendet werden, sind Handelsnamen, Schutzmarken, oder registrierte Schutzmarken, bzw. eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer.

## Copyright

© 2010 Renishaw plc. Alle Rechte vorbehalten.

Dieses Dokument darf ohne vorherige schriftliche Genehmigung von Renishaw weder ganz noch teilweise kopiert oder vervielfältigt werden, oder auf irgendeine Weise auf andere Medien oder in eine andere Sprache übertragen werden.

Die Veröffentlichung von Material dieses Dokuments bedeutet nicht die Befreiung von Patentrechten der Renishaw plc.

## EG-Konformität

Renishaw plc erklärt, dass die XC Kompensationseinheit den einschlägigen Richtlinien, Normen und Vorschriften entspricht. Eine Kopie der vollständigen EG-Konformitätserklärung steht unter folgender Adresse zur Verfügung:  
[www.renishaw.de/XLCE](http://www.renishaw.de/XLCE).

## WEEE-Richtlinie

Der Gebrauch dieses Symbols auf Produkten von Renishaw und/oder den beigefügten Unterlagen gibt an, dass das Produkt nicht mit allgemeinem Haushaltsmüll entsorgt werden darf. Es liegt in der Verantwortung des Endverbrauchers, dieses Produkt zur Entsorgung an speziell dafür vorgesehene Sammelstellen für Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE) zu übergeben, um eine Wiederverwendung oder Verwertung zu ermöglichen. Die richtige Entsorgung dieses Produktes trägt zur Schonung wertvoller Ressourcen bei und verhindert mögliche negative Auswirkungen auf die Umwelt. Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrem örtlichen Entsorgungsunternehmen oder von Ihrer Renishaw Vertretung.



## Inhalt

<b>Einführung</b> .....	<b>4</b>	<b>Positionierung des Materialsensors</b> .....	<b>10</b>
Wellenlängenkompensation .....	4	Schätzung der Maschinengenauigkeit im Fall des Betriebs bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C.....	10
Kompensation der thermischen Materialausdehnung.....	4	Kalibrierung gemäß nationalen und internationalen Normen .....	10
Rückseitiger Deckel .....	4	Schätzung der Genauigkeit des Maschinen-Feedbacksystems bei Temperierung auf 20 °C.....	11
Anschluss und Konfiguration der XC Kompensationseinheit .....	5	Fertigung von Teilen, die bei 20 °C genau sein müssen .....	11
Umgebungssensoren.....	5	<b>Automatische Kompensation</b> .....	<b>12</b>
<b>Sensorsymbole</b> .....	<b>6</b>	Aktualisierungszyklus der XC Kompensationseinheit .....	12
<b>LEDs</b> .....	<b>6</b>	<b>Feste Materialkompensation</b> .....	<b>13</b>
Sensor-LEDs.....	6	<b>Spezifikationen</b> .....	<b>13</b>
Status-LEDs.....	6	Einführung.....	13
<b>Kalibrierung der XC Kompensationseinheit</b> .....	<b>7</b>	<b>Gewichte und Abmessungen</b> .....	<b>14</b>
<b>Wellenlängenkompensation</b> .....	<b>7</b>	<b>Artikelnummern</b> .....	<b>14</b>
<b>Positionierung von Luftsensoren</b> .....	<b>8</b>		
Positionierung des Lufttemperatursensors.....	8		
Sensoren für Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit .....	8		
<b>Kompensation der thermischen Materialausdehnung</b> .....	<b>8</b>		
Thermische Materialausdehnungskoeffizienten.....	9		



## Einführung

Die XC Kompensationseinheit ist für die Messgenauigkeit Ihres Lasersystems ausschlaggebend. Durch die sehr genaue und präzise Messung der Umgebungsbedingungen kompensiert sie Schwankungen von Lufttemperatur, Luftdruck und relativer Luftfeuchtigkeit, die sich auf die Wellenlänge des Laserstrahls auswirken. Dadurch werden praktisch alle durch diese Schwankungen entstehenden Messfehler eliminiert.



## Wellenlängenkompensation

Die Sensormesswerte von der XC Kompensationseinheit werden nur zur Kompensation der Lasermesswerte bei Positionsmessungen verwendet. Findet keine Kompensation statt, können Schwankungen im Brechungsindex der Luft zu erheblichen Messabweichungen führen. Obwohl es möglich ist, die Umgebungsbedingungen manuell (mithilfe von Handmessgeräten usw.) einzugeben, bietet die Verwendung der XC Kompensationseinheit den Vorteil, dass die Kompensation mit hoher Genauigkeit durchgeführt und automatisch alle sieben Sekunden aktualisiert wird.

## Kompensation der thermischen Materialausdehnung

Die XC Kompensationseinheit kann auch Eingangssignale von bis zu drei Materialsensoren verarbeiten, welche die Temperatur der zu prüfenden Maschine bzw. des Materials messen. Sofern der richtige thermische Ausdehnungskoeffizient des Materials in die CARTO Software eingegeben wurde, können Messungen auf eine Maschinen- bzw. Materialtemperatur von 20 °C normalisiert werden.

Die Umweltkompensation kann auf drei Arten erfolgen:

- Automatisch aktualisierte Umweltkompensation mit der XC Kompensationseinheit.
- Manuell aktualisierte Umweltkompensation mit der XC Kompensationseinheit.
- Kompensation mittels manuell eingegebener Daten ohne XC Kompensationseinheit.

Umfassende technische Daten zur XC Kompensationseinheit sind im Abschnitt [Spezifikationen](#) zu finden.

Die XC Kompensationseinheit wird als Bestandteil eines Kits geliefert, das ein USB-Kabel, einen Lufttemperatursensor und einen Materialtemperatursensor enthält.

## Rückseitiger Deckel

Auf dem rückseitigen Deckel der XC Kompensationseinheit befinden sich:



1	Kalibrierdatum
2	Status-LED
3	USB-Buchse
4	Sensor für relative Luftfeuchtigkeit
5	Fälligkeit der Nachkalibrierung



## Anschluss und Konfiguration der XC Kompensationseinheit

Am rückseitigen Deckel der XC Kompensationseinheit befindet sich eine USB-Buchse zum Anschluss der XC Kompensationseinheit an einen PC mithilfe eines USB-Kabels (im Lieferumfang des XC Kompensatorkits). Dieser Anschluss ermöglicht die Kommunikation zwischen der XC Kompensationseinheit und dem PC sowie die Spannungsversorgung der XC Kompensationseinheit und der Sensoren.

**Hinweis:** Installieren Sie die CARTO Software, bevor Sie die XC Kompensationseinheit an den PC anschließen. Durch die Softwareinstallation wird sichergestellt, dass der PC richtig konfiguriert ist.

## Umgebungssensoren

Die Sensoren für Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit sind im Gehäuse der XC Kompensationseinheit enthalten. Für eine Genauigkeit der XC Kompensationseinheit entsprechend der angeführten [Spezifikation](#) sollte das Gerät bei der Verwendung so stehen, dass seine lange Achse horizontal ausgerichtet ist (siehe Abbildung). Bei Nichtbeachtung kann ein geringfügiger Fehler bei den Luftdruckmessungen entstehen, wodurch die Genauigkeit kompensierter Messwerte reduziert wird.



**Hinweis:** Der Sensor für die relative Luftfeuchtigkeit auf der rückseitigen Abdeckung darf nicht behindert werden.

**Hinweis:** Die relative Luftfeuchtigkeit wird nur in der Software angezeigt, wenn der Lufttemperatursensor an die XC Kompensationseinheit angeschlossen ist.



Die abgebildeten Sensoren für Lufttemperatur und Materialtemperatur sind zwei unterschiedliche Messvorrichtungen und werden komplett mit Kommunikationskabeln geliefert. Jedes Kabel besitzt eine Gewindebuchse zum Anschluss an den Sensor sowie einen Gewindestecker zum Anschluss an die entsprechende Buchse an der Seite der XC Kompensationseinheit.

Im Standardlieferumfang jeder XC Kompensationseinheit von Renishaw sind ein Materialtemperatursensor und ein Lufttemperatursensor enthalten. Bei Maschinen mit langen Achsen können bis zu drei Materialtemperatursensoren an die XC Kompensationseinheit angeschlossen werden. Zusätzliche Materialtemperatursensoren sind als Kit auf Anfrage bei Ihrer Renishaw-Niederlassung erhältlich.



Die Luft- und Materialtemperatursensoren werden mit 5 m langen Kabeln geliefert. Diese können nach Bedarf bis zu einer maximalen Kabellänge von 60 m zusammengeschlossen werden – dadurch können die Sensoren an bestimmten Positionen auf der Maschine für die Messung platziert werden. Zusätzliche und Ersatz-Sensoren und Kabel sind auf Anfrage bei Ihrer Renishaw-Niederlassung erhältlich.

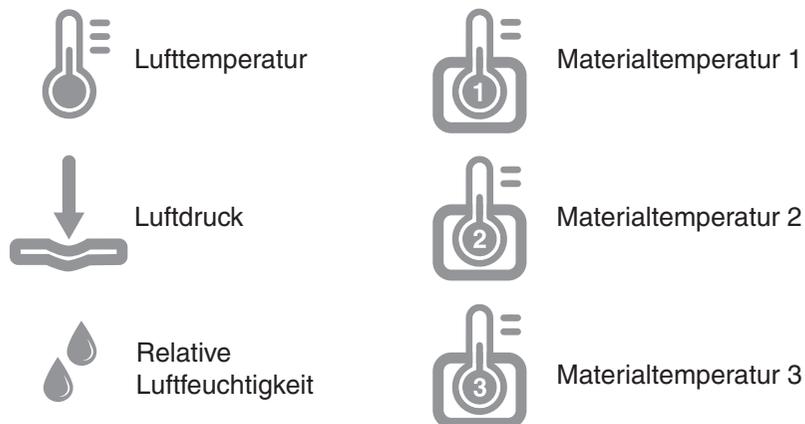


Damit der Benutzer leicht erkennen kann, welches Kabel an welchen Sensor angeschlossen ist, sind die Kabel mit abnehmbaren Namensschildern versehen. Die Kabel sollten bei der Aufbewahrung an den jeweiligen Sensoren angeschlossen bleiben; der Systemkoffer ist entsprechend ausgestattet.

Die Temperatursensoren enthalten Magnete zur Anbringung an Stahl- oder Gusseisenflächen, besitzen aber auch eine Durchgangsbohrung zum Anschrauben, falls erforderlich.

Die Luft- und Materialtemperatursensoren funktionieren nur, wenn sie an die richtigen Buchsen an der XC Kompensationseinheit angeschlossen sind. Den unterschiedlichen Sensortypen entsprechende Symbole sind auf der Seite der XC Kompensationseinheit dargestellt. Der Lufttemperatursensor muss an der Buchse angeschlossen werden, an der das nachfolgend abgebildete Lufttemperatursymbol zu sehen ist. Materialtemperatursensoren können an jeder Buchse angeschlossen werden, die mit einem Materialtemperatursymbol gekennzeichnet ist.

## Sensorsymbole



Die Sensorsymbole für Luft- und Materialtemperatur sind auch seitlich an den Sensoren abgebildet.



**Hinweis:** Es gibt keine Buchsen für Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit, da diese Sensoren in das Gehäuse der XC Kompensationseinheit eingebaut sind.

## LEDs

### Sensor-LEDs

Seitlich an der XC Kompensationseinheit befinden sich unter den Sensorsymbolen sechs Sensor-LEDs, die den Sensoren für Luftdruck, relative Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur und Materialtemperatur (drei Sensoren) entsprechen. Die Farbe der LED zeigt an, wann ein Messwert vom Sensor erfasst wird, und anschließend die Gültigkeit dieser Messung.

Die XC Kompensationseinheit fragt jeden Sensor der Reihe nach sieben Sekunden lang im Dauerzyklus ab. Bei der Abfrage der einzelnen Sensoren leuchtet die jeweilige LED gelb. Bei Erhalt eines gültigen Messwertes vom Sensor leuchtet die LED grün. Falls der Sensor nicht angeschlossen oder fehlerhaft ist, leuchtet die LED rot. Die für die Wellenlängenkompensation verwendeten Werte werden nach jeder Sensormessung (alle sieben Sekunden) aktualisiert.

### Status-LEDs

An der rückseitigen Blende der XC Kompensationseinheit befindet sich eine Status-LED. Diese LED leuchtet rot, wenn die Spannungsversorgung zu der Einheit hergestellt wird (d. h. wenn sie über ein USB-Kabel an den Computer angeschlossen wird), und wechselt auf grün, wenn sie messbereit ist.



## Kalibrierung der XC Kompensationseinheit

Zur Gewährleistung der spezifizierten Genauigkeit des Kalibriersystems von Renishaw wird empfohlen, die XC Kompensationseinheit und die zugehörigen Sensoren jährlich zu kalibrieren. Eine häufigere Kalibrierung empfiehlt sich bei Geräten, die unter extremen Umgebungsbedingungen eingesetzt werden oder bei denen eine Beschädigung vermutet wird. Die Anforderungen Ihres Qualitätssicherungsprogrammes oder nationale/lokale Bestimmungen können auch ein häufigeres Nachkalibrieren vorschreiben. An der rückseitigen Blende der XC Kompensationseinheit befindet sich ein Feld zur Angabe des Fälligkeitsdatums für die Nachkalibrierung. Während Aufbewahrung, Transport und Gebrauch dürfen die XC Kompensationseinheit und die Sensoren weder harten Stößen, Vibrationen oder Extremtemperaturen noch Druck oder Feuchtigkeit (siehe [Spezifikationen](#)) ausgesetzt werden, da die Kalibrierung durch jeden dieser Faktoren ihre Gültigkeit verlieren würde.

Die Berechnungen zur Unsicherheit der Kalibrierung wurden gemäß Dokument EA-4/02 der Europäischen Kooperation für Akkreditierung durchgeführt.

Alle Kalibrierungen fallen in den Anwendungsbereich des EN ISO 9001:2000 Qualitätssicherungssystems von Renishaw. Das System ist von einer vom United Kingdom Accreditation Service (UKAS) akkreditierten Prüfstelle geprüft und zertifiziert. UKAS-Akkreditierungen werden in vielen Ländern weltweit von der jeweils zuständigen nationalen Behörde anerkannt.

Nähere Informationen zum Kalibriervorgang sind in den mit Ihrem System gelieferten Kalibrierzertifikaten oder unter [www.renishaw.de/certificates](http://www.renishaw.de/certificates) zu finden.

Die Fehler und Unsicherheiten, die auf die Normalisierung von Messwerten auf eine Materialtemperatur von 20 °C zurückzuführen sind, sind in der Systemgenauigkeit nicht berücksichtigt. Diese Fehler und Unsicherheiten hängen nicht nur davon ab, ob der Materialtemperatursensor innerhalb der Spezifikationen liegt (wie durch ein aktuelles Kalibrierzertifikat von Renishaw belegt), sondern auch von der Genauigkeit des Wertes des Ausdehnungskoeffizienten, der in die Kalibriersoftware eingegeben wird, dem Temperaturdifferenzial von 20 °C und der korrekten Platzierung der Sensoren.

Renishaw bietet einen umfassenden Kalibrier- und Reparaturservice für XC Umweltkompensationseinheiten und die zugehörigen Sensoren am Standort in Großbritannien an. Vergleichende Nachkalibrierungen des XL Lasersystems werden von Renishaws Niederlassungen in den USA, Deutschland und China angeboten. Nähere Informationen erhalten Sie von Ihrer Renishaw-Niederlassung oder auf der Website [Renishaw.de](http://Renishaw.de).

## Wellenlängenkompensation

Die Genauigkeit linearer Positionsmessungen hängt von der Genauigkeit ab, mit der die Wellenlänge des Laserstrahls bekannt ist. Diese wird nicht nur durch die Qualität der Laserstabilisierung, sondern auch durch Raumumgebungsparameter bestimmt. Insbesondere die Werte von Lufttemperatur, Luftdruck und relativer Luftfeuchtigkeit wirken sich auf die Wellenlänge (in Luft) des Laserstrahls aus.

Falls die Schwankung der Wellenlänge nicht kompensiert wird, können Fehler bei der linearen Lasermessung bis zu 50 ppm betragen. Selbst in einem temperierten Raum kann die Schwankung im täglichen Atmosphärendruck eine Veränderung der Wellenlänge von über 20 ppm verursachen. Als Anhaltspunkt gilt dabei, dass ein Fehler von ungefähr 1 ppm bei jeder nachfolgend angegebenen Veränderung der Umgebungsbedingungen auftritt:

Lufttemperatur	1 °C
Luftdruck	3,3 mbar (0,098 in Hg)
Relative Luftfeuchtigkeit (bei 20 °C)	50%
Relative Luftfeuchtigkeit (bei 40 °C)	30%

 **Hinweis:** Diese Werte gelten im ungünstigsten Fall und sie sind nicht ganz unabhängig von den Werten der anderen Parameter.

Diese Fehler können mithilfe einer XC Umweltkompensationseinheit reduziert werden.



Die XC Kompensationseinheit misst die Lufttemperatur, den Druck und die Feuchtigkeit und berechnet dann den Brechungsindex der Luft (und damit die Laserwellenlänge) anhand der Edlen-Gleichung. Die Ausgabewerte des Lasersystems werden dann automatisch korrigiert, um Schwankungen der Laserwellenlänge zu kompensieren. Der Vorteil eines automatischen Systems ist, dass keine Benutzereingriffe nötig sind und die Kompensation häufig aktualisiert wird.

Die Wellenlängenkompensation findet nur bei linearen Messungen Anwendung. Bei anderen Messungen (Winkel, Ebenheit, Geradheit usw.) spielen Umwelteinflüsse eine wesentlich geringere Rolle, da Umgebungsveränderungen sowohl den Mess- als auch den Referenzstrahl ähnlich stark beeinflussen.

## Positionierung von Luftsensoren

### Positionierung des Lufttemperatursensors



#### VORSICHT

Zur Gewährleistung der thermischen Stabilisierung sollte sich der Lufttemperatursensor bis zu 15 Minuten vor Messbeginn in der Messumgebung befinden.

Der Lufttemperatursensor sollte so nah wie möglich am Messpfad des Laserstrahls und ungefähr auf halber Strecke entlang der Verfahrachse platziert werden. Die Sensoren dürfen nicht in der Nähe örtlich konzentrierter Wärmequellen, z. B. Motoren, oder in kalter Zugluft platziert werden.

Kontrollieren Sie bei der Messung langer Achsen, ob Lufttemperaturgefälle vorhanden sind. Falls sich die Lufttemperatur um mehr als 1 °C entlang der Achse verändert, verwenden Sie einen Lüfter zur Luftumwälzung. (Dies ist vor allem bei langen vertikalen Achsen wichtig, bei denen Lufttemperaturgefälle wahrscheinlicher sind.) Sensorsignalleitungen dürfen nicht in der Nähe von starken elektrischen Störquellen wie Hochleistungs- oder Linearmotoren verlegt werden.

Zur Vereinfachung der Montage besitzen die Lufttemperatursensoren eine Durchgangsbohrung zum Anschrauben an einer Fläche.

### Sensoren für Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit

Die Sensoren für Luftdruck und Luftfeuchtigkeit sind in der XC Umweltkompensationseinheit eingebaut. Im Allgemeinen ist es nicht nötig, den Luftdruck oder die relative Luftfeuchtigkeit in der unmittelbaren Nähe des Strahlpfades zu messen. Das liegt daran, dass große Druck- und Feuchtigkeitsschwankungen für einen signifikanten Messfehler nötig sind und es sollte über den gesamten Arbeitsbereich keine erhebliche Schwankung geben. Jedoch sollte der Sensor für die relative Luftfeuchtigkeit fern von Wärmequellen oder Zugluft positioniert werden.

Es ist unbedingt darauf zu achten, dass der Feuchtigkeitssensor bei der Montage nicht behindert wird.

Bei der Kalibrierung vertikaler Achsen mit einer Länge von über 10 Metern wird auch empfohlen, den Drucksensor auf halber Strecke der Verfahrachse zu platzieren.

### Kompensation der thermischen Materialausdehnung

Die internationale Referenztemperatur, die von der Gemeinschaft der Kalibrierlaboratorien verwendet wird, beträgt 20 °C und KMGs und Werkzeugmaschinen werden normalerweise in Bezug auf diese Temperatur kalibriert. In einer normalen Werksumgebung, in der eine exakte Temperaturregelung oftmals nicht möglich ist, weicht die Maschine von dieser Temperatur ab. Da sich die meisten Maschinen temperaturbedingt ausdehnen oder zusammenziehen, kann hierdurch ein Fehler bei der Kalibrierung entstehen.

Zur Vermeidung dieses Kalibrierfehlers ist die Software für Linearmessungen mit einer als Wärmedehnungskompensation oder „Normalisierung“ bezeichneten mathematischen Korrektur ausgestattet, die auf die linearen Lasermesswerte angewendet wird. Die Software normalisiert Messungen anhand des Ausdehnungskoeffizienten, der manuell eingegeben werden



muss, und einer durchschnittlichen Maschinentemperatur, die mittels der XC Kompensationseinheit gemessen wird. Das Ziel dieser Korrektur ist die Schätzung der Laserkalibrierergebnisse, die erzielt worden wären, wenn die Maschinenkalibrierung bei 20 °C durchgeführt worden wäre.

## Thermische Materialausdehnungskoeffizienten

Der Betrag, um den sich die meisten Materialien infolge einer Temperaturveränderung ausdehnen oder zusammenziehen, ist sehr gering. Aus diesem Grund wird der thermische Ausdehnungskoeffizient in Teilen pro Million pro Grad C (ppm/°C) angegeben. Diese Koeffizienten geben den Betrag an, um den sich das Material pro Grad ansteigender oder abfallender Materialtemperatur ausdehnt bzw. zusammenzieht. Angenommen beispielsweise, dass der thermische Ausdehnungskoeffizient +11 ppm/°C beträgt. Das bedeutet, dass pro 1 °C Anstieg der Materialtemperatur eine Materialausdehnung von 11 ppm stattfindet, was 11 Mikrometern pro Meter Material entspricht.

Eine falsche Kompensation thermischer Materialausdehnung ist eine der Hauptfehlerquellen bei linearen Abstandsmessungen in nicht temperierten Umgebungen. Das liegt daran, dass die Ausdehnungskoeffizienten üblicher Konstruktionswerkstoffe verhältnismäßig groß im Vergleich zu den Koeffizienten sind, die mit Fehlern bei der Wellenlängenkompensation und Fehlern bei der Laserstrahlausrichtung einhergehen.

Die normalisierte Messung wird einen auf die Messgenauigkeit des Materialtemperatursensors zurückzuführenden Fehler aufweisen. Die Größe dieses Fehlers hängt von dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten der zu prüfenden Maschine ab. Der Materialtemperatursensor besitzt eine Genauigkeit von  $\pm 0,1$  °C. Dementsprechend würde der Fehler bei der Normalisierung der Messung im Falle eines thermischen Ausdehnungskoeffizienten von 10 ppm/°C der zu prüfenden Maschine  $\pm 1$  ppm betragen. Dieser Fehler wird der Messgenauigkeit des Systems ( $\pm 0,5$  ppm) bei Verwendung der XC Umweltkompensationseinheit hinzugerechnet.

Da jedoch die beiden Fehler unkorreliert sind, ist ihre kombinierte Auswirkung die Quadratwurzel aus der Summe ihrer Quadrate und nicht ihre arithmetische Summe. Daher wird die normalisierte Messgenauigkeit in dem vorgenannten Beispiel  $\pm 1,2$  ppm für das Lasersystem und die XC Kompensationseinheit betragen.

Zusätzliche Messfehler treten auf, wenn ein falscher thermischer Ausdehnungskoeffizient in die Software eingegeben wird. Da die Werte der thermischen Ausdehnungskoeffizienten unterschiedlicher Maschinen um 10 ppm/°C oder mehr schwanken können, sollte sorgfältig darauf geachtet werden, dass die richtigen Werte eingegeben werden. Fragen Sie gegebenenfalls den Maschinenhersteller um Rat.

Der Ausdehnungskoeffizient des Feedbacksystems der Maschine wird normalerweise in die Software eingegeben, sofern Sie nicht die Genauigkeit gefertigter Teile bei Temperierung auf 20 °C schätzen. Die nachfolgende Tabelle liefert typische Ausdehnungskoeffizienten für verschiedene Materialien, die im Bau von Maschinen und zugehörigen Positionsmessgeräten verwendet werden.

**Hinweis:** Da Materialausdehnungskoeffizienten mit der Materialzusammensetzung und -behandlung variieren können, sind diese Werte nur Richtwerte und sollten nur verwendet werden, wenn keine Daten vom Hersteller vorliegen.

Material	Anwendung	Ausdehnungskoeffizient
		ppm/°C
Eisen/Stahl	Maschinenbauteile, Zahnstangenantriebe, Kugelumlaufspindeln	11,7
Aluminium-legierung	Leichte KMG-Maschinenkonstruktionen	22
Glas	Wegmesssysteme mit Glasmaßstäben	8
Granit	Maschinenkonstruktionen und -tische	8
Beton	Maschinenfundamente	11
Invar	Messsysteme/Konstruktionen mit geringer Ausdehnung	<2
Thermisch stabiles Glas	Messsysteme/Konstruktionen mit Nullausdehnung	<0,2



Besondere Vorsicht ist bei der Ermittlung des Ausdehnungskoeffizienten geboten, wenn zwei Materialien mit unterschiedlichen Koeffizienten miteinander verbunden sind. Beispielsweise im Fall eines Ritzel-Zahnstangen-Rückmeldesystems kann der Ausdehnungskoeffizient vorwiegend durch die Gusseisenschiene bestimmt werden, an der das Ritzel befestigt ist. Bei großen Gantry-Maschinen mit Schienen im Boden kann der Ausdehnungskoeffizient der Schiene durch die hemmende Wirkung des Betonfundaments reduziert werden. Außerdem sind viele moderne Maßverkörperungen aus einer Reihe unterschiedlicher Materialien zusammengesetzt, beispielsweise kann ein Glasmaßstab auf einem Aluminiummaßstab aufgeklebt und der wiederum an einem gusseisernen Maschinenteil montiert sein. In solchen Fällen kann die Auswahl des geeigneten Koeffizienten schwierig sein. Sie sollten den Hersteller der Maßverkörperung und/oder der Maschine, auf der sie eingesetzt wird, diesbezüglich um Rat fragen.

## Positionierung des Materialsensors



### VORSICHT

Zur Gewährleistung der thermischen Stabilisierung sollte der Materialtemperatursensor 25 Minuten vor Beginn der Messung am Material befestigt werden.

Bei der Anordnung der Materialtemperatursensoren ist zunächst festzulegen, welches vorrangige Ziel Sie mit der Kompensation der Materialausdehnung verfolgen. In der Regel ist dies eine von vier möglichen Zielsetzungen.

1. Schätzung der linearen Positioniergenauigkeit, die beim Betrieb der Maschine in einer Raumumgebung von 20 °C erhalten werden würde. Dies ist häufig die Zielsetzung während Maschinenbau, Abnahme, Inbetriebnahme oder Nachkalibrierung, und in den meisten Fällen entspricht sie den Bestimmungen einer nationalen oder internationalen Norm für die Maschinenabnahme.
2. Durchführung einer Kalibrierung entsprechend einer nationalen oder internationalen Norm für die Maschinenabnahme.

3. Schätzung der linearen Genauigkeit, die das Maschinen-Feedbacksystem erreichen könnte, wenn das Feedbacksystem auf einer Temperatur von 20 °C wäre. Dies ist bei der Fehlerdiagnose im Feedbacksystem nützlich.
4. Schätzung der Genauigkeit der von der Maschine produzierten Teile, wenn diese Teile zur Prüfung auf 20 °C gebracht werden. Diese Zielsetzung ist besonders bei der Produktion genauer Nichteisenteile in nicht temperierten Maschinenhallen wichtig, wo Maschinenrückmeldungen und Ausdehnungskoeffizienten des Werkstücks stark abweichen.

Die Unterschiede zwischen diesen Zielsetzungen sind oft erheblich, vor allem wenn sich das Positionsmessgerät der Maschine während des Maschinenbetriebs erhitzt (zum Beispiel eine Kugelumlaufspindel) oder wenn der Ausdehnungskoeffizient des Werkstücks von dem des Positionsmessgerätes stark abweicht, beispielsweise im Fall eines Aluminiumwerkstücks und Wegmesssystemen mit Glasmaßstab.

Der mit der XC Kompensationseinheit gelieferte Materialtemperatursensor besitzt einen starken Magnetfuß zur Befestigung an der zu prüfenden Maschine. Stellen Sie einen guten thermischen Kontakt zwischen dem Materialtemperatursensor und dem gemessenen Material sicher.

## Schätzung der Maschinengenauigkeit im Fall des Betriebs bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C

Zur Schätzung der Maschinengenauigkeit für den Fall des Betriebs bei einer Umgebungstemperatur von 20 °C sollten der Materialtemperatursensor bzw. die Materialtemperatursensoren auf dem Maschinentisch oder einem anderen massiven Teil des Maschinenaufbaus platziert sein, der sich NICHT in der Nähe von Wärmequellen wie Motoren, Getrieben, Lagergehäusen, Auslassöffnungen usw. befindet. Der Materialausdehnungskoeffizient sollte auf den des Feedbacksystems eingestellt sein.

## Kalibrierung gemäß nationalen und internationalen Normen

Um die Genauigkeit der Maschine nach einer nationalen bzw. internationalen Norm zu kalibrieren, sollte die in der Norm angegebene Vorgehensweise befolgt werden. Darin sollten auch die Positionierung des Materialsensors,



der zu verwendende Ausdehnungskoeffizient und der durchzuführende Maschinenaufwärmzyklus festgelegt sein. Falls eine Prüfung der thermischen Drift ebenfalls in der Norm vorgesehen ist, muss diese ebenfalls durchgeführt werden.

Falls die Luft- und die Maschinentemperatur stark voneinander abweichen, dann ist auch davon auszugehen, dass erhebliche Temperaturunterschiede zwischen der Temperatur von Materialoberfläche und -kern bestehen. Unter diesen Umständen ist darauf zu achten, dass die Materialtemperatursensoren so angeordnet werden, dass sie die Kerntemperatur messen. Die Temperatur kann an verschiedenen Punkten mit bis zu drei Materialsensoren gemessen werden und der angewandte Kompensationsfaktor wird auf einem Mittelwert basieren.

Es ist eine häufige Fehlannahme, dass Materialsensoren immer auf der Kugelumlaufspindel oder dem Feedbacksystem platziert sein sollten. Dies ist nicht immer der Fall, wie das folgende Beispiel zeigt.

Beispiel:

Angenommen, eine Maschine wird in einer Maschinenhalle bei 25 °C kalibriert und aufgrund von Wärme, die durch den Maschinenbetrieb erzeugt wird, ist die Kugelumlaufspindel 5 °C wärmer, also 30 °C warm. Falls die Materialsensoren auf (oder sehr nahe an) der Kugelumlaufspindel platziert werden, werden die Lasermessungen zur Schätzung der Messwerte kompensiert, die erhalten werden würden, wenn die Kugelumlaufspindel bei 20 °C laufen würde. Wenn die Maschine jedoch in einer Umgebung mit 20 °C betrieben werden würde, wäre die Temperatur der Kugelumlaufspindel jedoch NICHT 20 °C.

Die durch den Betrieb der Spindel und des Motors erzeugte Wärme wäre weiterhin vorhanden, sprich die Temperatur der Kugelumlaufspindel wäre weiterhin ungefähr 5 °C wärmer als die Umgebungstemperatur (25 °C). Die Anordnung des Materialsensors (bzw. der Materialsensoren) an der Kugelumlaufspindel führt daher zu einer Überkompensation. Es empfiehlt sich, den Sensor (bzw. die Sensoren) auf einem massiven Teil der Maschine zu platzieren, um einen Temperaturmesswert zu erhalten, der die durchschnittliche Umgebungstemperatur um die Maschine während der letzten paar Stunden wiedergibt.

## Schätzung der Genauigkeit des Maschinen-Feedbacksystems bei Temperierung auf 20 °C

Dieses Verfahren wird häufig zu Diagnosezwecken verwendet. Möglicherweise hat die Maschine die Kalibrierung nach Zielsetzung 1 oder 2 nicht bestanden und die Genauigkeit des Feedbacksystems bei 20 °C muss jetzt überprüft werden. Zur Erfüllung dieser Zielsetzung sollte der Laserstrahl so nah wie möglich zur Achse des Feedbacksystems ausgerichtet werden (zur Minimierung des Abbe'schen Fehlers).

Der bzw. die Materialtemperatursensor(en) sollte(n) auf (oder sehr nah an) dem Feedbacksystem platziert werden und der Ausdehnungskoeffizient sollte auf den des Feedbacksystems eingestellt werden. Die Temperatur kann an verschiedenen Punkten mithilfe von bis zu drei Materialsensoren gemessen werden.

## Fertigung von Teilen, die bei 20 °C genau sein müssen

Falls eine Werkzeugmaschine stets zur Bearbeitung von Werkstückmaterialien verwendet wird, deren Ausdehnungskoeffizienten von dem des Feedbacksystems stark abweichen, beispielsweise Aluminiumlegierungen, Kohlefaserverbundwerkstoffe, Keramik usw., kann es vorteilhaft sein, den Ausdehnungskoeffizienten des Werkstücks und nicht den des Maschinen-Feedbacksystems zu verwenden. Auch wenn dadurch keine Kalibrierung erreicht wird, welche die Leistung der Maschine bei 20 °C wiedergibt, kann die Genauigkeit der Werkstücke verbessert werden, wenn sie für die Messung auf 20 °C gebracht werden.

Der bzw. die Materialtemperatursensor(en) sollte(n) so angeordnet werden, dass sie eine der erwarteten Werkstücktemperatur ähnliche Temperatur messen. Dies ist häufig auf dem Tisch der Maschine der Fall, jedoch müssen möglicherweise andere Faktoren wie die Art des verwendeten Kühlmittelsystems und die Zerspanleistung berücksichtigt werden. Außerdem ist darauf zu achten, dass diese Art von Kalibrierung unter typischen Bedingungen durchgeführt wird, und sie kann nur wirklich erfolgreich sein, wenn die Temperatur und Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Werkstücke relativ konstant sind.



## Automatische Kompensation

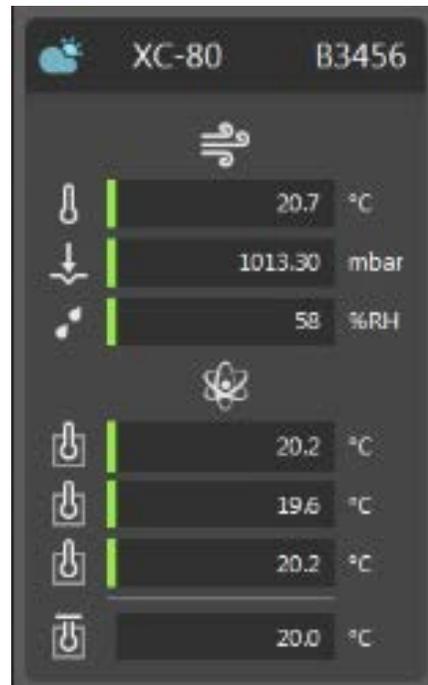
Bei der automatischen Umweltkompensation wird die XC Umweltkompensationseinheit zur Kompensation der Laserwellenlänge sowie zur Kompensation der thermischen Materialausdehnung eingesetzt. Falls eine Kalibrierung in einer Umgebung stattfindet, in der mit variablen atmosphärischen Bedingungen während der Messung zu rechnen ist, dann wird eine automatische Kompensation dringend empfohlen.

Zur Durchführung der automatischen Kompensation schließen Sie zunächst die Luft- und Materialtemperatursensoren an den entsprechenden Buchsen auf der Seite der XC Kompensationseinheit an. Siehe Umgebungssensoren für nähere Informationen. Schließen Sie anschließend die XC Kompensationseinheit mithilfe des mitgelieferten USB-Kabels am PC an.

In Capture wird die XC Geräteanzeige signalisieren, dass die XC Kompensationseinheit zur Verfügung steht. Die Umweltkompensation wird jetzt automatisch durchgeführt.

Die Messwerte der XC Kompensationseinheit werden alle sieben Sekunden erfasst und dienen zur entsprechenden Kompensation der Lasermesswerte. Siehe Aktualisierungszyklus der XC Kompensationseinheit für nähere Informationen.

Zur Festlegung der verwendeten Standardeinheiten für die Umgebungsparameter wählen Sie „Mehr“, „Einstellungen“ und anschließend „Einheiten der Umgebungsbedingungen“.



### VORSICHT

Vor Beginn eines Kalibrierlaufs:

Stellen Sie sicher, dass die zu kalibrierende Maschine ausreichend bewegt wurde, um den Antrieb und die Maßverkörperung der zu kalibrierenden Achse aufzuwärmen.

Vergewissern Sie sich, dass der korrekte Wert für den thermischen Ausdehnungskoeffizienten eingegeben wurde. Hierzu ist der Parameter für die Kompensation der Materialausdehnung einzustellen.

### Aktualisierungszyklus der XC Kompensationseinheit

Alle sieben Sekunden wird ein Messwert von einem der sechs Umgebungssensoren erfasst und an den PC weitergeleitet. Mit diesem Messwert wird der Umweltkompensationsfaktor aktualisiert. Die Reihenfolge, in der die Messwerte der Umgebungssensoren erfasst werden, lautet: Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Materialtemperatur (drei Sensoren).



## Feste Materialkompensation

Bei bestimmten Maschinenanwendungen muss der Benutzer möglicherweise einen festen Materialtemperaturwert für die Kompensation eingeben. Ein Beispiel hierfür ist eine Maschine mit einem eingebauten Materialsensor bzw. -sensoren und einem Kühlsystem, um das Bett temperiert zu halten.

Zur Verwendung einer festen Materialtemperatur gehen Sie auf „Maschine“ in der Registerkarte „Definieren“ in Capture und wählen Sie „Festgelegte Materialtemperatur“. Der Benutzer kann den festen Temperaturwert hier eingeben.

## Spezifikationen

### Einführung

Dieser Abschnitt gibt zusammen mit dem Abschnitt „Gewichte und Abmessungen“ die physikalischen und betrieblichen Spezifikationen der verschiedenen Systemkomponenten an.

Renishaw behält sich gemäß seinem Grundsatz der kontinuierlichen Produktverbesserung das Recht vor, das Aussehen oder die technischen Daten des Produktes ohne Vorankündigung zu ändern.

Systemlagerung	
Lagertemperatur	-25 °C – 70 °C
Luftfeuchtigkeit bei Lagerung	0% – 95% nicht kondensierend
Luftdruck bei Lagerung	10 mbar – 1200 mbar

XC Umweltkompensationseinheit und Sensoren	
Messbereich des Lufttemperatursensors	0 °C – 40 °C
Messgenauigkeit des Lufttemperatursensors	±0,2 °C
Messbereich des Luftdrucksensors	650 mbar – 1150 mbar
Messgenauigkeit des Luftdrucksensors	±1,0 mbar#
Messbereich des Sensors für relative Luftfeuchtigkeit	0% – 95% (nicht kondensierend)
Messgenauigkeit des Sensors für relative Luftfeuchtigkeit	±6%
Genauigkeit der Wellenlängenkompensation	±0,5 ppm †*
Messbereich des Materialtemperatursensors	0 °C – 55 °C
Messgenauigkeit des Materialtemperatursensors	±0,1 °C
Aktualisierungsintervall der automatischen Kompensation	7 Sekunden
Aktualisierungsintervall des Einzelsensors	42 Sekunden
Empfohlene Nachkalibrierfrist	12 Monate
Ausgänge	USB2-kompatibel
Stromversorgung	Versorgung über USB Maximaler Stromverbrauch = 100 mA
# XC Kompensationseinheit in horizontaler Orientierung	
† Hinweis: Die Genauigkeitswerte berücksichtigen nicht die Fehler, die durch die Normalisierung der Messwerte auf eine Materialtemperatur von 20 °C entstehen.	
* k=2 (Vertrauensniveau von 95%) EA-4/02, ISO	



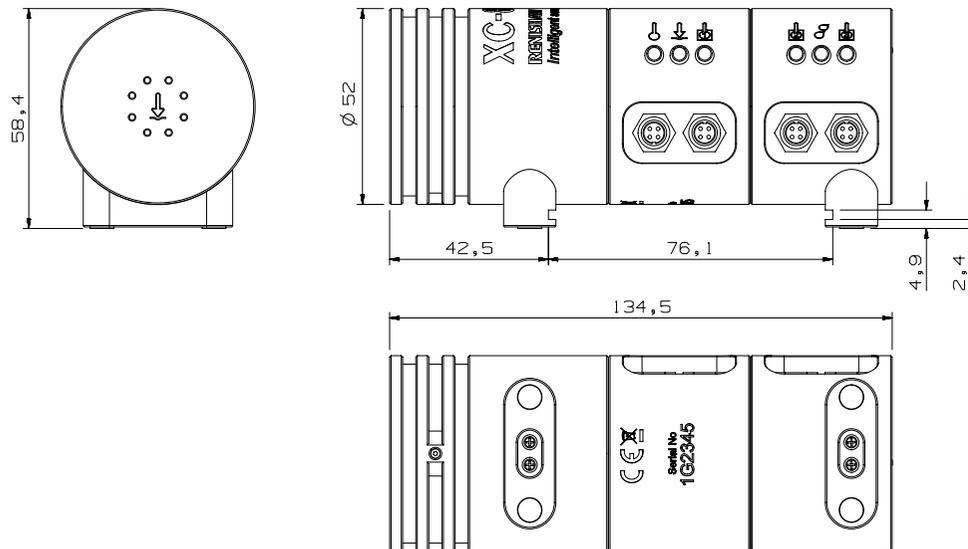
## Gewichte und Abmessungen

XC Umweltkompensationseinheit (Abmessungen in mm)

Beschreibung	Gewicht
XC-80 Kompensationseinheit	490 g
Lufttemperatursensor	48 g
Materialtemperatursensor	45 g

## Artikelnummern

Artikelnummer	Bestandteile	Artikelnummer
A-9908-0510	XC-80 Kompensationseinheit	-
	Materialtemperatursensor und Kabel	A-9908-0879
XC-80 Kompensatorkit	Lufttemperatursensor und Kabel	A-9908-0879
	XC Montageplatte	A-9908-0892
	USB-Kabel	A-9908-0286



**Renishaw GmbH**  
Karl-Benz Straße 12  
72124 Pliezhausen  
Deutschland

**T** +49 7127 9810  
**F** +49 7127 88237  
**E** [germany@renishaw.com](mailto:germany@renishaw.com)  
[www.renishaw.de](http://www.renishaw.de)

**RENISHAW**   
apply innovation™

**Kontaktinformationen finden Sie unter**  
**[www.renishaw.de/Renishaw-Weltweit](http://www.renishaw.de/Renishaw-Weltweit)**



F - 9908 - 0073 - 01