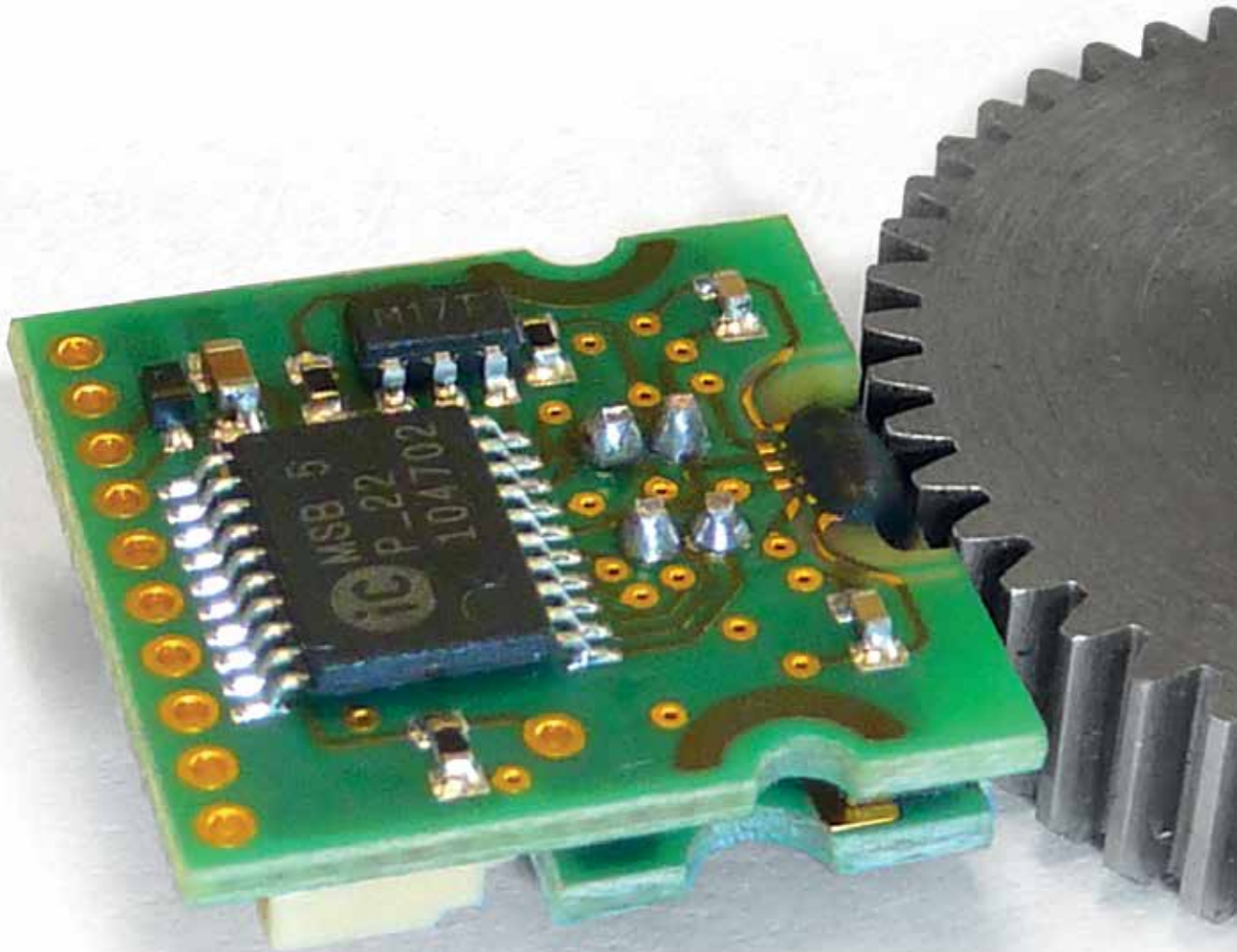


# GLM700 Familie

GMR FixPitch Sensoren für Winkel- und Längenmessung  
Zahnstruktur & Signale



**Einleitung**

In der Familie der GLM-Module gibt es verschiedene Designvarianten, die jeweils auf eine bestimmte Zahnteilung (Pitch) angepasst sind.

Verfügbare Sensoren	Zahnteilung
GLM711ASB-Ax	1 mm
GLM712ASB-Ax	2 mm
GLM713ASB-Ax	3 mm
GLM714ASB-Ax	0.94 mm (Modul 0.3)
GLM715ASB-Ax	1.57 mm (Modul 0.5)

Die Sensoren setzen sich immer aus einem Sensorchip und einem Magneten zusammen. Der Magnet erzeugt hierbei das notwendige Magnetfeld, um eine weichmagnetische, zahnförmige Struktur anzuregen. Die dabei entstehenden Feldgradienten werden von dem Sensorchip erfasst und in elektrische Signale gewandelt.

Der Sensorchip und der Magnet sind in den jeweiligen Sensoren optimal zueinander angeordnet. Bei einigen GLM-Modul-Varianten (z. B. GLM700ASB-Ax) sind Sensorchip und Magnet in einem SMD-lötfähigem Gehäuse vereint. Eine weichmagnetische Zahnstruktur dient allen GLM-Sensoren als Maßverkörperung. Diese Struktur sorgt für die Magnetfeldausrichtung im Sensorelement. Bewegt man die Zahnstruktur am Sensor vorbei, erzeugt dieser ein differenzielles Sinus- bzw. ein differenzielles Cosinus-Ausgangssignal.

Das Funktionsprinzip der Signalerzeugung durch die Kombination aus GMR-Sensorchip, Magnet und ferromagnetische Zahnstruktur wird in Abbildung 2 deutlich.

Neben den typischen Zahnstrukturen können auch andere, zahnähnliche Strukturen, wie z. B. metallische Lochstreifen, mit dem GLM-Modul abgetastet werden!

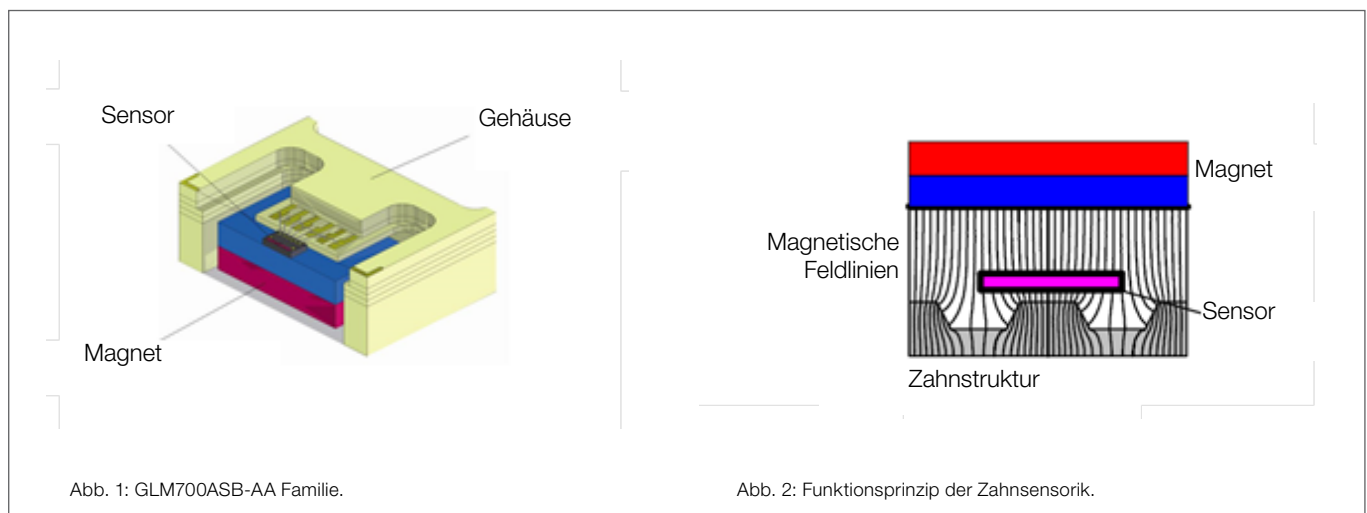


Abb. 1: GLM700ASB-AA Familie.

Abb. 2: Funktionsprinzip der Zahnsensorik.



Abb. 3: Verschiedene mögliche Zahnstrukturen.

## 1. Zahnstrukturen

Für eine optimale Signalqualität ist bezüglich der Auswahl des ferromagnetischen Werkstoffes für die Zahnstruktur folgendes zu beachten:

### 1.1. Material

Die Zahnstruktur muss das Magnetfeld beeinflussen. Daher ist es notwendig, dass sie aus einem ferromagnetischen Material besteht. Die folgende Auflistung ist eine Beispielsammlung gut geeigneter Stahltypen, die sich zur Herstellung von Zahnstrukturen anbieten:

St37 (1.0037)	X20Cr13 (1.4021)	X14CrMoS17 (1.4104)
St44 (1.0044)	X30Cr13 (1.4028)	X17CrNi16 2 (1.4057)
9SMnPb28 (1.0718)	X46Cr13 (1.4034)	X39CrMo17 1 (1.4122)
9SMnPb29 (1.0737)	X6Cr17 (1.4016)	X90CrMoV18 (1.4112)
20MnV6 (1.5217)		

Neben der geeigneten Materialauswahl ist es für die Signalerzeugung der differenziellen Sinus- bzw. Cosinussignale wichtig, die zum Sensor passende Zahnteilung auszuwählen.

### 1.2. Zahnteilung

Die GLM-Sensoren sind an eine feste Zahnteilung angepasst (FixPitch). D. h. Zahnteilung und GLM-Modul sind so zu wählen, dass sie zueinander passen. Diese Anpassung gewährleistet optimale Signale für das Messsystem. Bei Sensitec sind GLM-Sensoren für die folgenden Zahnteilungen erhältlich:

Zahnteilung	Sensorchip	Bemerkung	Beispielsensor
1 mm	GL711		GLM711ASB
2 mm	GL712		GLM712ASB
3 mm	GL713		GLM713ASB
0.94 mm	GL714	Modul 0.3	GLM714ASB
1.57 mm	GL715	Modul 0.5	GLM715ASB

Die Anpassung an die Zahnteilung bezieht sich auf den Pitch des Sensors, bei einem Zahnrad wird jedoch z. B. das Modul für den Teilkreisdurchmesser angegeben. Daher muss bei der Auslegung des Messsystems der Durchmesser des Zahnrades, der Arbeitsabstand und die Zahnteilung berücksichtigt werden. Somit kann eine optimale Konfiguration hinsichtlich des Pitches zwischen Sensor und Zahnrad erreicht werden.

Bei einer radialen Abtastung an einem Zahnrad mit einer 2 mm Zahnstruktur (am Kopfkreisdurchmesser) würde dies an der Stelle des Sensors bedeuten, dass abhängig vom Durchmesser des Zahnrades eine größere Zahnteilung als 2 mm vorliegt, da zwischen Sensor und Zahnrad ein gewisser Arbeitsabstand notwendig ist.

Ein GLM-Sensor mit einem 2 mm Pitch wäre hier also fehlangepasst. Der entstehende Phasenfehler kann ggf. jedoch mit einer geeigneten Auswerteschaltung kompensiert werden.

Die nachfolgenden Berechnungen zeigen die Auslegung einer Systemkonfiguration zwischen Zahnrad und GLM-Sensor.

Beispiel:

Zahnrad mit Modul  $m = 0.5 \text{ mm}$ , Kopfkreisdurchmesser  $D_a = 11 \text{ mm}$  und Zahnanzahl  $z = 20$

Teilung (P):

$$P = m \cdot \pi$$

$$P = 0.5 \text{ mm} \cdot \pi = 1.57 \text{ mm}$$

Für das Zahnrad müssen folgende Berechnungen angesetzt werden.

Ermittlung des notwendigen Arbeitsabstandes (a):

$$a = \frac{P}{5}$$

$$a = \frac{1.57 \text{ mm}}{5} = 0.314 \text{ mm}$$

Achtung: Die Teilung (P) bezieht sich auf den Teilkreisdurchmesser ( $D_T$ ). Die Sensorposition (Durchmesser Sensorposition  $D_s$ ) ist aber ausgehend von dem Kopfkreisdurchmesser ( $D_a$ ).

$$D_s = D_a + 2 \cdot a$$

$$D_s = 11 \text{ mm} + 2 \cdot 0.314 \text{ mm} = 11.628 \text{ mm}$$

Ermittlung des Teilkreisdurchmessers:

$$D_T = m \cdot z$$

$$D_T = 0.5 \text{ mm} \cdot 20 = 10 \text{ mm}$$

Ermittlung des Teilungswinkels  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{(P \cdot 360^\circ)}{(D_T \cdot \pi)}$$

$$\alpha = \frac{(1.57 \text{ mm} \cdot 360^\circ)}{(10 \text{ mm} \cdot \pi)} = 18^\circ$$

Ermittlung der Teilung ( $P_s$ ) am Sensordurchmesser  $D_s$ :

$$P_s = \frac{(D_s \cdot \pi \cdot \alpha)}{(360^\circ)}$$

$$P_s = \frac{(11.628 \text{ mm} \cdot \pi \cdot 18^\circ)}{(360^\circ)} = 1.825 \text{ mm}$$

Die direkte Ermittlung der benötigten Teilung ( $P_s$ ) kann über folgende Formel erfolgen:

$$P_s = \frac{\left( D_a + \frac{2 \cdot m \cdot \pi}{5} \right) \cdot \pi}{z}$$

Da der Sensorchip jedoch eine Gerade darstellt und sich diese Berechnung auf einen Kreisabschnitt bezieht, stellt die Berechnung eine Näherung dar.

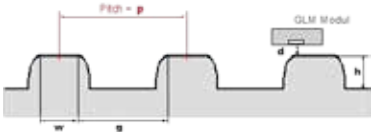

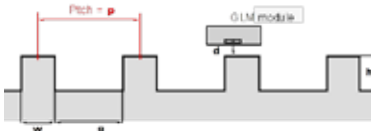
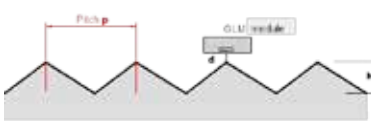
Zur Berechnung (vor allem bei kleinen Durchmessern) sollte folgende Formel angewandt werden:

$$P_s = \tan\left(\frac{\pi}{z}\right) \cdot (D_a + 2 a)$$

Der Arbeitsabstand sollte dann so angepasst werden, dass am Ort des Sensors der zum Sensor passende Pitch erreicht wird. Hierbei sollte eine Arbeitsabstandverkleinerung bevorzugt werden.

### 1.3. Zahnformen

Die GLM-Sensoren können an unterschiedlichsten Zahnformen eingesetzt werden. Um optimale Signale vom Sensor zu erhalten, sollten die Zahnprofile bestimmte Verhältnisse hinsichtlich der Parameter Zahntiefe sowie Verhältnis von Zahnbreite zu Nutbreite aufweisen. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über häufig eingesetzte Zahnprofile und deren Parameter. Sollte die Anwendung eine glatte Oberfläche benötigen, können die Zahnlücken mit einer Chromummantelung oder einem anderen nicht ferromagnetischen Material aufgefüllt werden. Es ist auch möglich, eine nicht-ferromagnetische Zahnstruktur zu verwenden und die Zahnlücken mit ferromagnetischem Material zu füllen. Für weitere Informationen hierzu stehen wir gerne zur Verfügung.

Empfohlene Zahnteilung	h Zahnhöhe	w Zahnbreite	g Zahnluücke	d Abstand	Signal- qualität
	$\geq \frac{p}{4}$	$\sim \frac{p}{3}$	$\sim \frac{2p}{3}$	$\sim \frac{p}{5}$	+++
	$\geq \frac{p}{4}$	$\sim \frac{p}{3}$	$\sim \frac{2p}{3}$	$\sim \frac{p}{5}$	+++
	$\geq \frac{p}{4}$	$\sim \frac{p}{3}$	$\sim \frac{2p}{3}$	$\sim \frac{p}{5}$	+++
	$\geq \frac{p}{3}$	—	—	$\sim \frac{p}{5}$	++

## 1.4. Fehlerquellen

Sowohl das GLM-Modul als auch nicht optimale Zahnstrukturen oder eine fehlerhafte Justage tragen zu Abweichungen in dem Messergebnis bei. Die nachstehenden Formeln können zur Bestimmung des Einflusses von Fehlerquellen genutzt werden:

$P_{GLM}$  entspricht dem Pitch des GLM-Moduls in mm.

$P_{ist}$  entspricht der tatsächlichen Zahnteilung in mm, die das GLM-Modul erfasst und beinhaltet sowohl den Einfluss einer Verdrehung des Sensors zur Zahnstruktur, wie auch die Toleranzen der Zahnstrukturen selber.

$P_{ZAHN}$  entspricht der Zahnteilung der Zahnstruktur in mm.

### Fehlereinfluss der Zahnstruktur und Justage ( $F_Z$ ):

$$\frac{\pm F_Z}{\text{mm}} = \frac{|P_{ist} - P_{GLM}|}{4} \quad \text{mit } P_{ist} = \frac{P_{Zahn}}{\cos \alpha}$$

Grundfehler des Sensors ( $F_S$ ) = 2%:

$$\frac{\pm F_S}{\text{mm}} = P_{GLM} \cdot 0.02$$

Fehler gesamt ( $F_G$ ):

$$F_G = F_Z + F_S$$

$$\frac{\pm F_S}{\text{mm}} = P_{GLM} \cdot 0.02 + \frac{|P_{Zahn} - P_{GLM}|}{4}$$

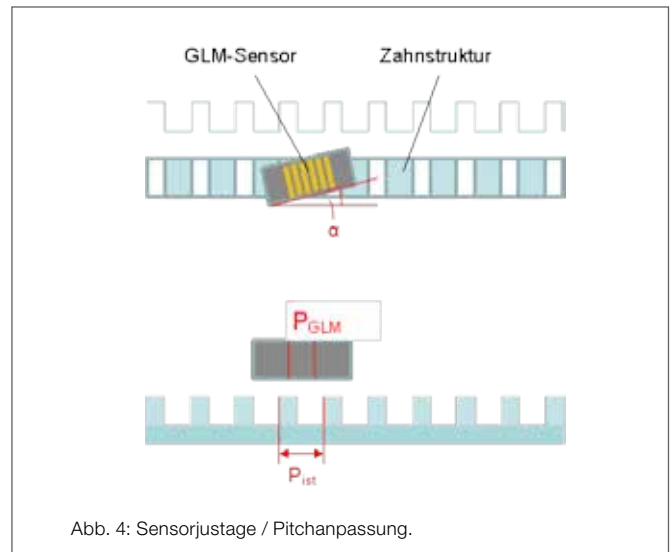


Abb. 4: Sensorjustage / Pitchanpassung.

### Phasenfehler zwischen Sinus und Cosinus bei Fehleranpassung des Pitches

Nachstehende Formel zeigt den Einfluss einer nicht optimal angepassten Zahnteilung auf die Phasenlage zwischen Sinus- und Cosinussignal des Sensors.

$$\frac{\Delta \varphi}{1^\circ} = \frac{1}{4} \cdot \frac{P_{GLM} - P_{ist}}{P_{GLM}} \cdot 360$$

## 2. Amplitudeneinstellung

In der Familie der GLM-Module gibt es verschiedene Designvarianten, die jeweils auf eine bestimmte Zahnteilung (Pitch) angepasst sind. Das Modul enthält einen Sensorchip und einen Magneten. Der Magnet erzeugt das notwendige Magnetfeld, um eine weichmagnetische, zahnförmige Struktur anzuregen. Die dabei entstehenden Feldgradienten werden von dem Sensor erfasst. Sensor und Magnet sind in den jeweiligen GLM-Modulen optimal zueinander angeordnet. Bei einigen GLM-Varianten (z. B. GLM0700ASB-AA) sind Sensorchip und Magnet in einem SMD-lötfähigen Gehäuse vereint.

### 2.1. Amplitudenstreuung

Die Amplitudenstreuung der GLM-Module hat zwei Ursachen:

1. Toleranzen während der Fertigung des GLM-Moduls
2. Toleranzen beim Platzieren des Moduls in der Anwendung

Beide fertigungsbedingten Toleranzen führen zu Exemplarstreuungen. Abbildung 7 (Seite 9) zeigt die Abhängigkeit der Amplitude vom Arbeitsabstand, jeweils für eine Zahnteilung von 1 mm, 2 mm und 3 mm. Für einige Anwendungen ist eine Amplitudenanpassung erforderlich. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn Anwendungen einen exakten, analogen Amplitudenwert in der Schaltung erfordern (Stichwort:  $1 V_{SS}$ -Signal). Zur Kompensation der Exemplarstreuung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Diese werden im Folgenden erläutert.

### 2.2. Anwendungsfälle

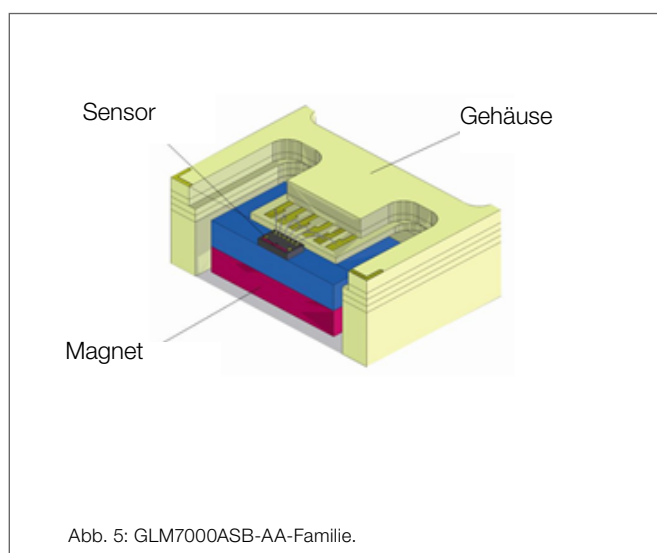
Die Kompensation der Exemplarstreuung kann - je nach Art der Montage - elektronisch oder durch eine Justage nach Einbau des GLM-Moduls erfolgen.

#### Feste Montage

Eine individuelle Anpassung des Abstandes des GLM-Moduls zur Zahnstruktur ist bei einer festen Serienmontage nicht möglich. In diesem Fall muss eine nachfolgende Elektronik die Exemplarstreuung ausgleichen.

#### Flexible Montage

Bei einer flexiblen Serienmontage ist es möglich, den Abstand des GLM-Moduls zur Zahnstruktur für jede einzelne Sensorelektronik zu justieren. Mit dieser Nachjustierung wird das Amplitudensignal angepasst.



### 2.2.1. Feste Montage

Um die Amplituden der GLM-Module für jedes System zu kalibrieren, sollte ein programmierbarer Verstärker in der nachfolgenden Elektronik vorgesehen werden. Zur Realisierung einer Schaltung mit digitalen A/B-Ausgangssignalen gibt es bereits Interpolatoren, die im analogen Eingangsbereich programmierbare Verstärker für die Amplitudenanpassung sowie einen Offsetabgleich bieten. Weiterhin sind programmierbare Verstärker zur rein analogen Signalaufbereitung verfügbar.

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl möglicher Komponenten.

Verfügbares ICs	Beschreibung
iC-NQ <sup>1)</sup>	13-bit Sin/D Interpolator
iC-MQ <sup>1)</sup>	9-bit Sin/Cos Interpolator
iC-TW2 <sup>1)</sup>	Programmierbarer Echtzeit 8 bit Interpolator
iC-MSB <sup>1)</sup>	Sin/Cos Signal Konditionierer
iC-TW3 <sup>1)</sup>	Sin/Cos Signal Konditionierer

<sup>1)</sup> Komponente von IC Haus (<http://www.ichaus.de>)

Abbildung 6 auf Seite 8 zeigt ein Schaltungsbeispiel mit dem Interpolatorbaustein iC-MQ, der zur Signalanpassung und Signal-konditionierung verwendet werden kann. Als Ausgangssignal erzeugt dieser Baustein ein differenzielles, digitales A/B-Signal (Quadratursignal). Wird ein analoges Ausgangssignal, wie z. B.  $1V_{SS}$  benötigt, kann hierfür statt dem iC-MQ ein iC-MSB eingesetzt werden. Die Sensorsignalanpassung ist wie beim iC-MQ vorhanden.

#### Schaltungsbeispiel mit Interpolations-IC (iC-MQ)

Der im unten gezeigten Schaltungsbeispiel verwendete Interpolations-IC kann durch Programmierung über die I2C-Schnittstelle in einen analogen Kalibrationsmodus gesetzt werden. In diesem Modus stehen die Sensorsignale in analoger, verstärkter Form an den Ausgängen PA, NA, PB und NB zur Verfügung und können über die Testpunkte für den Amplitudenabgleich sowie zur Korrektur des Sensoroffsets genutzt werden.

Die gezeigte Schaltung ist mit einem AMR PurePitch Sensor und einem GMR Sensor als Referenzsensor gezeigt. Anstelle dieser Sensoren können auch GMR Zahnsensoren wie das GLM-Modul verwendet werden.

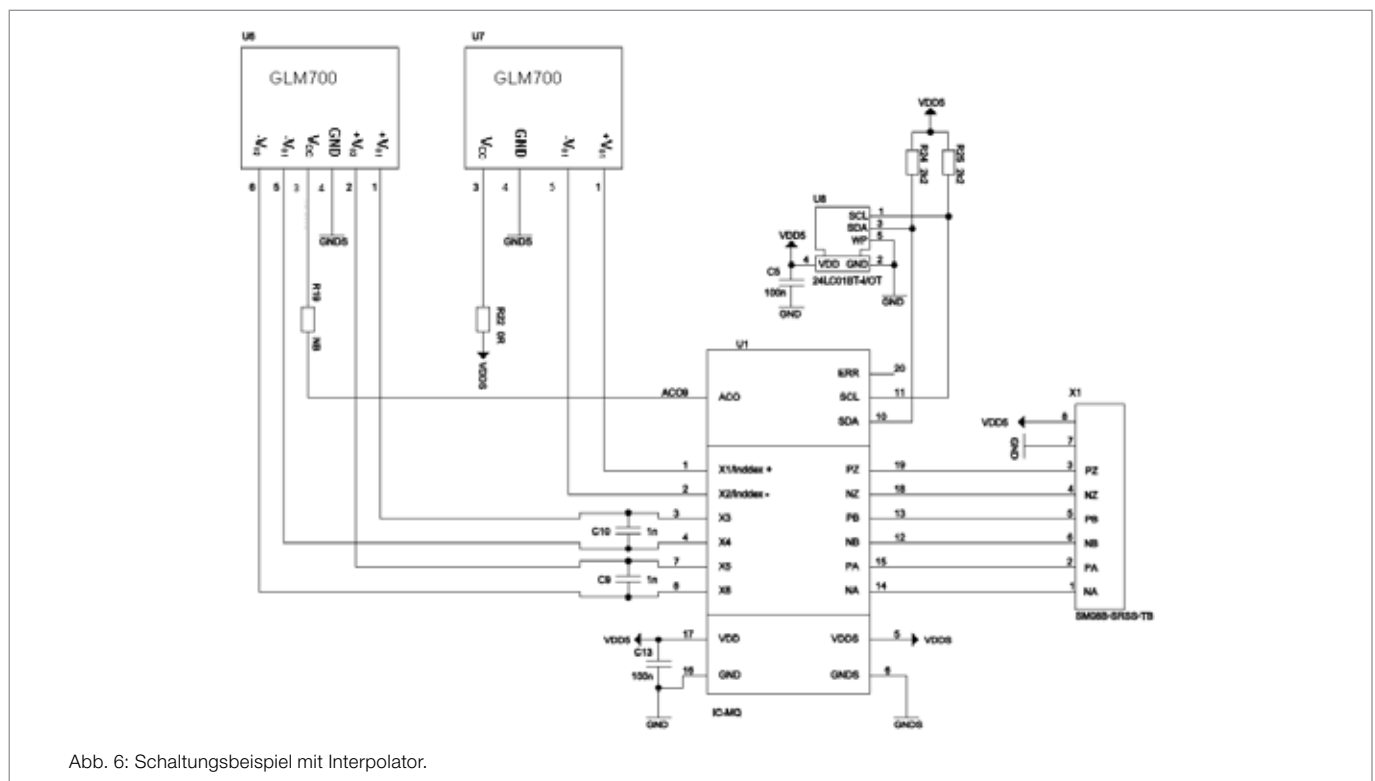


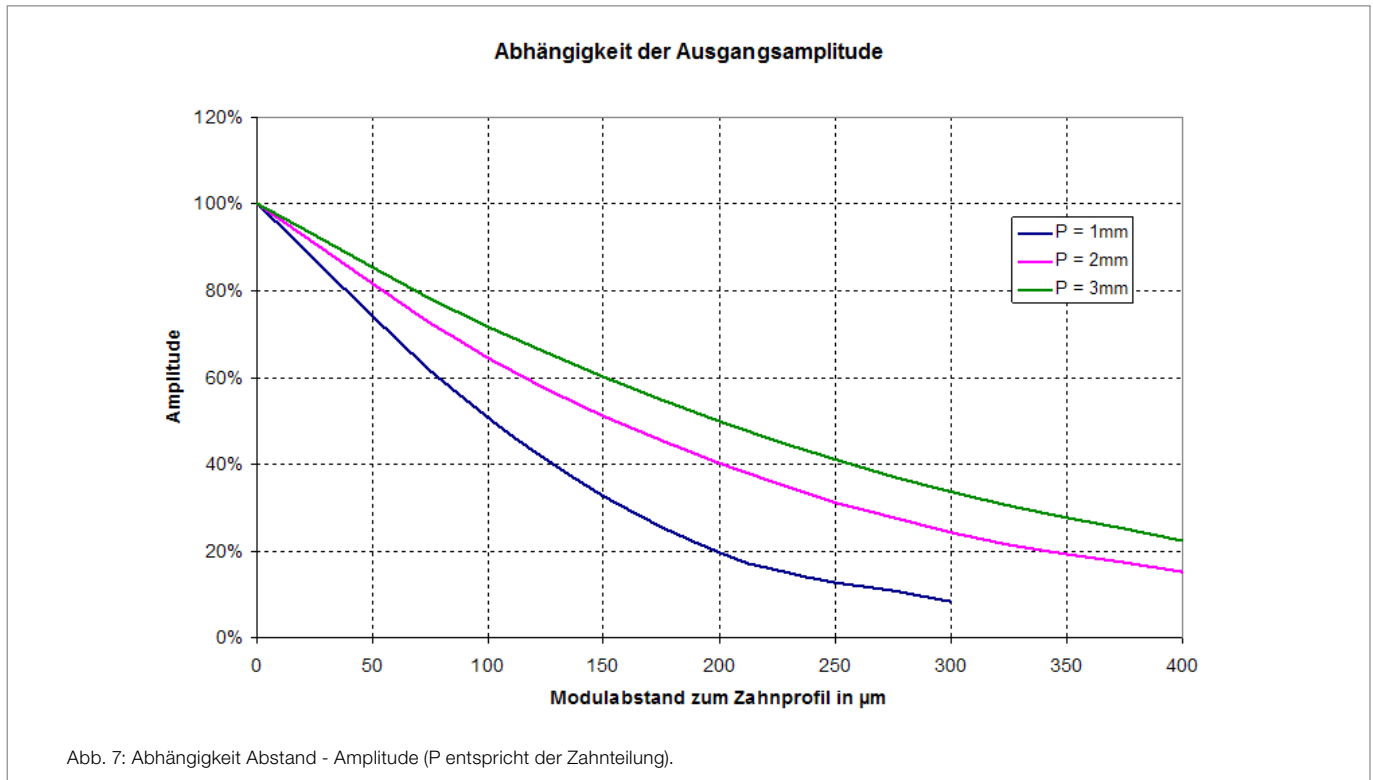
Abb. 6: Schaltungsbeispiel mit Interpolator.



### 2.2.2. Flexible Montage

Eine flexible Montage setzt voraus, dass die Sensorelektronik mit dem GLM-Modul während der Endmontage passend zur Position der Maßverkörperung befestigt werden kann. Durch Veränderung des Abstandes zwischen Sensor und Zahnstruktur kann damit die Signalamplitude angepasst werden. Bedingung: die Schaltung ist betriebsbereit und eine Bewegung der Zahnstruktur bzw. der Sensorelektronik zur Zahnstruktur ist möglich.

Eine variable (programmierbare) Schaltung kann somit entfallen und feste Verstärkungsfaktoren können eingesetzt werden.



EINE KORREKTUR DER AMPLITUDENSCHWANKUNG IST IN BEIDEN FÄLLEN NUR MÖGLICH, WENN DIE SIGNALE JEDES EINZELNEN SENSORS IM VERBAUTEN ZUSTAND UND BEI SICH BEWEGENDER ZAHNSTRUKTUR ERMITTELT UND ANGEPAST WERDEN. DIESE ANPASSUNG KANN ITERATIV ODER DURCH EINEN ALGORITHMUS GESCHEHEN. ES IST DAHER ANGEBRACHT, IM SCHALTUNGSDESIGN DIE SENSORSIGNALE FÜR DEN SERIENENDTEST UND DEN EVENTUELLEN ABGLEICH ZUGÄNGLICH ZU MACHEN.

## General Information

### Disclaimer

Sensitec GmbH reserves the right to make changes, without notice, in the products, including software, described or contained herein in order to improve design and/or performance. Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, Sensitec GmbH does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. Sensitec GmbH takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of Sensitec products.

In no event shall Sensitec GmbH be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including but not limited to lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) irrespective the legal base the claims are based on, including but not limited to tort (including negligence), warranty, breach of contract, equity or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, Sensitec product aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the General Terms and Conditions of Sale of Sensitec GmbH. Nothing in this document may be interpreted or construed as an offer to sell products that is open for acceptance or the grant, conveyance or implication of any license under any copyrights, patents or other industrial or intellectual property rights.

Unless otherwise agreed upon in an individual agreement Sensitec products sold are subject to the General Terms and Conditions of Sales as published at [www.sensitec.com](http://www.sensitec.com).

### Application Information

Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Sensitec GmbH makes no representation or warranty – whether expressed or implied – that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using Sensitec products, and Sensitec GmbH accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the Sensitec product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

Sensitec GmbH does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using Sensitec products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s).

Sensitec does not accept any liability in this respect.

### Life Critical Applications

These products are not qualified for use in life support appliances, aeronautical applications or devices or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury.

### Copyright © 2017 by Sensitec GmbH, Germany

All rights reserved. No part of this document may be copied or reproduced in any form or by any means without the prior written agreement of the copyright owner. The information in this document is subject to change without notice. Please observe that typical values cannot be guaranteed. Sensitec GmbH does not assume any liability for any consequence of its use.

#### Sensitec GmbH

Georg-Ohm-Str. 11 · 35633 Lahnau · Germany  
Tel. +49 6441 9788-0 · Fax +49 6441 9788-17  
[www.sensitec.com](http://www.sensitec.com) · [sensitec@sensitec.com](mailto:sensitec@sensitec.com)

