



Fakultät 03 – Maschinenbau

Technischer Bericht

Projektarbeit

Shakerregelung

Ort: B0073

Bearbeiter: Schauerhammer Lars (04744912) _____

Schürmann Sebastian (02102412) _____

Wiegele Markus (03560412) _____

Betreuer: Dipl.-Ing. Armin Rohnen LbA

I Inhaltsverzeichnis

I	Inhaltsverzeichnis.....	2
II	Abbildungsverzeichnis.....	3
1	Einleitung.....	4
2	Durchführung der Projektarbeit.....	4
3	Aufbau des Prüfstandes.....	5
3.1	Hardware.....	5
3.1.1	Shakeraufbau.....	5
3.1.2	Sensoren.....	6
3.1.3	NI – Komponenten.....	8
3.1.4	Vorrichtung.....	8
3.1.5	Kabel.....	9
3.2	Software.....	11
3.2.1	Aufbau des Regelprogramms.....	11
3.2.2	Wichtige Komponenten des Regelprogramms.....	12
3.2.3	Programmablauf.....	16
4	Verbesserungsmöglichkeiten.....	19
4.1	Verbesserungen Hardware.....	19
4.2	Verbesserungen Software.....	19
5	Fazit.....	21
6	Anhang.....	22
I	Quick Guide.....	23
II	Shakeraufbau.....	24
III	Sensoren.....	49
IV	NI-Komponenten.....	60
V	Struktogramme des Programms.....	92
VI	CAD - Zeichnungen.....	98

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Skizzierter Aufbau des Prüfstandes.....	5
Abbildung 3.2: Pinbelegung der Verkabelung am Anschlussblock.....	8
Abbildung 3.3: Vorrichtung für Sensorbefestigung	9
Abbildung 3.4: Signalkabel	10
Abbildung 3.5: Signalfluss des Prüfstandaufbaus	10
Abbildung 3.6: User Interface des Regelprogramms	11
Abbildung 3.7: Eingabe der Vorgabewerte	12
Abbildung 3.8: Ausgabe der TIRA-Versärker-Werte	13
Abbildung 3.9: Ausgabe der aktuellen Messdaten und Einstellung der Messung	13
Abbildung 3.10: Ausgabe der aktuellen Sensorsignale	14
Abbildung 3.11: Fixe und externe Ausgänge	14
Abbildung 3.12: Ausgänge	15

1 Einleitung

Beim Betrieb von Maschinen entstehen durch sich bewegende Teile Kräfte und Schwingungen. Zur Überprüfung von definierten Betriebszuständen werden Versuchsprüfstände benötigt, die solche Schwingungen simulieren. Damit kann das Verhalten der Bauteile im Betrieb auf ihre Festigkeit und ihre Eigenschwingungen beurteilt werden. Ein wichtiger Bestandteil von solchen Prüfständen ist der sogenannte Shaker. Dieser kann Schwingungen mit unterschiedlicher Frequenz und Amplitude anregen. In der Projektarbeit wurde die Regelung von einem solchen Shaker programmiert und ein Versuchsaufbau dazu erstellt. Dieser Bericht befasst sich mit dem Ablauf der Projektarbeit und der Erklärung zum kompletten Aufbau.

2 Durchführung der Projektarbeit

Zu einer erfolgreichen Projektarbeit wird eine gute Aufteilung der Aufgaben im Projektteam benötigt. Am Anfang der Projektarbeit ist deshalb ein Zeitablauf über die nötigen Aufgaben erstellt worden. Anschließend wurden diese Aufgaben im Team, zur besseren Zeitnutzung, aufgeteilt. Die Hauptaufgaben sind der Aufbau der Hardware (elektrische und mechanische Komponenten) und das Programmieren des Regelungsprogramms zur Ansteuerung des Shakers. Die Tätigkeiten in der Projektarbeit teilten sich wie folgt auf:

- Vorrichtung für die Befestigung der Sensoren am Shaker konstruieren (CATIA) und fertigen lassen (Anhang VI)
- Signalkabel erstellen (BNC) für die Verbindung der Verstärker mit der Connector Box
- Verkabelung der Komponenten miteinander (richtige Kabel bestellen)
- Aufbau und Funktion des Regelprogramms mit Struktogramm bildlich darstellen (Anhang V)
- Grundstruktur des Regelungsprogramm mit Hilfe des Struktogramms in LabVIEW programmieren
- Optimierung des Programms
- kleinere Aufgaben erledigen (z.B. Recherche im Internet, Planen des Aufbaus)
- Dokumentation der Projektarbeit

3 Aufbau des Prüfstandes

In Abbildung 3.1 ist der gesamte Prüfstandsaufbau vereinfacht in einer Skizze dargestellt. Dieser wird in den nachfolgenden Kapiteln in deren einzelnen Komponenten näher beschrieben.

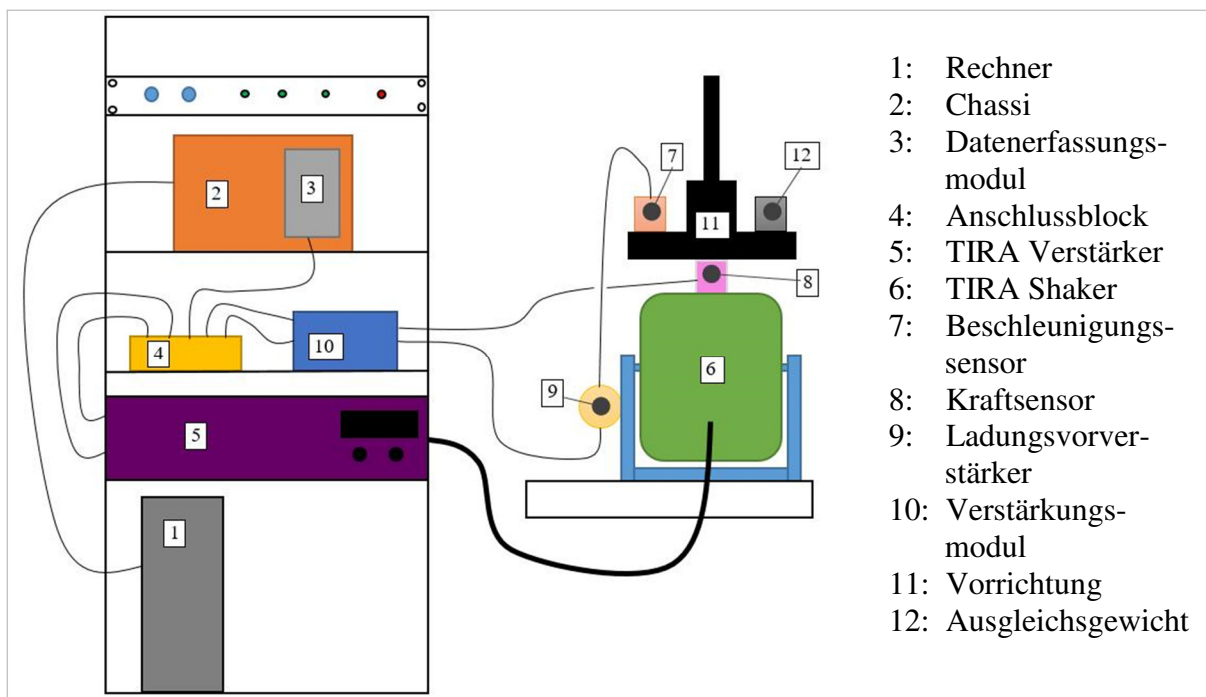


Abbildung 3.1: Skizzierter Aufbau des Prüfstandes

3.1 Hardware

Zuerst werden die Funktionen aller wichtigen Hardwarekomponenten kurz erläutert. Zur einfachen Beschreibung wird die Nummerierung in Abbildung 3.1 nachfolgend verwendet.

3.1.1 Shakeraufbau

Zum Test von Schwingungsbehafteten Bauteilen wird ein Shaker (6) (Schwingerreger S51140) aus dem Hause TIRA GmbH verwendet. Mit Hilfe des mitgelieferten Verstärkers (5) (BAA1000) wird dieser mit Spannung und Strom, zur Anregung der Bewegung, versorgt. Bei hoher Belastung des Shakers im Betrieb kann sich dieser stark erwärmen. Um eine zu hohe Temperatur zu vermeiden, ist ein Kühlgebläse (TB 0140) zur Kühlung im Lieferumfang enthalten. Aufgrund der hohen Lautstärke des Gebläses wird in Zukunft eine Leitung von der vorhandenen Druckluftleitung zu dem Shaker verlegt und für die Kühlung verwendet. Die genauen technischen Daten dieser drei Komponenten sind im Anhang I hinterlegt. Die gewünschten Parameter können hierdurch entnommen werden.

3.1.2 Sensoren

Zur Regelung des Shakers werden in erster Linie zwei verschiedene Sensoren benötigt, um den gewünschten Betriebszustand einstellen zu können. Diese sind auf dem Shaker mit einer Vorrichtung (nähere Beschreibung der Vorrichtung folgt in Kapitel 3.1.4) fest installiert. Bei einer Eingabe einer gewünschten Startfrequenz und eines Vorgabewertes von Kraft / Beschleunigung / Weg wird der Shaker mit Hilfe dieser Sensoren und dem erstellten Regelungsprogramm auf den gewünschten Betriebszustand eingeregelt. Die beiden verwendeten Sensoren werden folgend kurz beschrieben.

Kraftsensor

Der verwendete Kraftsensor (8) (PCB 208C02) funktioniert nach dem Prinzip des piezoelektrischen Effekts und misst die anliegende Kraft. Dieser dient zur Einregelung des Shakers auf eine vom Anwender vorgegebene Kraft. Die Sensitivität des Sensors ist 11241 mV/kN.

Beschleunigungssensor

Der Beschleunigungssensor von Brüel & Kjær Typ 4370 (7) dient zur Einregelung des Shakers auf eine vorgegebene Beschleunigung oder einem Weg. Er hat eine Sensitivität von 10,09 pC/(m/s²). Das ausgegebene hochimpedante und stöempfindliche Ladungssignal vom Beschleunigungssensor wird über einen Ladungsvorverstärker (auch Impedanzwandler) (9) (IEPE 100) in ein Spannungssignal mit niedriger Impedanz umgewandelt. Der Signalweg vom Sensor zum Ladungsvorverstärker sollte so kurz wie möglich sein, um einen möglichst geringen Messfehler zu erreichen.

Zusätzlich werden beide Signale, sowohl vom Kraftsensor als auch vom Beschleunigungssensor, mit den Verstärkungsmodulen M32 (10) um den Faktor 1, 10 oder 100 verstärkt, da das Signal direkt vom Sensor für eine optimale Regelung zu schwach und störanfällig ist. Alle technischen Daten der Sensoren sowie der Verstärker sind im Anhang II einzusehen.

Zum besseren Verständnis der Signalumrechnung der Sensoren im Programm wird diese anhand eines Beispiels erklärt.

Kraftsensor

Parameter:	- Umrechnungsfaktor	$UF_F = 11,241 \frac{mV}{N}$
	- Verstärkungsfaktor des Verstärkers M32	$VF = [1, 10, 100]$
	- max. erlaubte Kraft	$F_{max} = 400 N$

Bei der Umrechnung im Programm wird ein Faktor benötigt, der die ausgehende Spannung U_{Sensor} des Sensors von Volt in Millivolt umrechnet.

$$\rightarrow \text{Programmfaktor} \quad PF = 0,001 \frac{V}{mV}$$

Der IST-Wert der Kraft muss mit Hilfe der oben genannten Faktoren umgerechnet werden, sodass der Ausgabewert im User Interface der Einheit Newton entspricht. Dieser wird wie folgt berechnet:

$$F_{Ausgabe} = \frac{U_{Sensor}}{PF \cdot UF_F \cdot VF} \left[\frac{V}{\frac{V}{mV} \cdot \frac{mV}{N}} \right] = F_{Ausgabe} [N] \quad (3.1)$$

Beschleunigungssensor

Parameter:

- Umrechnungsfaktor $UF_a = 10,09 \frac{pC}{m/s^2}$
- Verstärkungsfaktor $VF = [1, 10, 100]$
des Verstärkers M32
- max. erlaubte Beschl. $a_{max} = 100 \cdot g \frac{m}{s^2}$

Aus den oben genannten Gründen wird direkt nach dem Beschleunigungssensor ein Impedanzwandler mit Verstärkung angebracht, der folgenden Umrechnungsfaktor hat:

$$LVF = [0,1, 1, 10] \frac{mV}{pC}$$

Bei der Umrechnung im Programm wird noch ein Faktor benötigt, der die ausgehende Spannung U_{Sensor} des Sensors von Volt in Millivolt umrechnet.

$$\text{- Programmfaktor} \quad PF = 0,001 \frac{V}{mV}$$

Der IST-Wert der Beschleunigung muss mit Hilfe der oben genannten Faktoren berechnet werden, sodass der Ausgabewert im User Interface der Einheit $\frac{m}{s^2}$ entspricht. Dieser wird wie folgt berechnet:

$$a_{Ausgabe} = \frac{U_{Sensor}}{PF \cdot UF_a \cdot LVF \cdot VF} \left[\frac{V}{\frac{V}{mV} \cdot \frac{pC}{m/s^2} \cdot \frac{mV}{pC}} \right] = a_{Ausgabe} \left[\frac{m}{s^2} \right] \quad (3.2)$$

3.1.3 NI - Komponenten

Die Schnittstelle zwischen dem Regelungsprogramm auf dem Rechner und den Signalen der Sensoren wird durch die Komponenten von National Instruments gebildet. Diese sind im Rechnerschrank untergebracht. Die Nummerierung hinter den NI-Komponenten bezieht sich weiterhin auf diese in Abbildung 3.1.

Als Verteilung und Verbindung der einzelnen Signalkabel dient der Anschlussblock (4) (SCB-68A). In Abbildung 3.2 ist die Pinbelegung der Verkabelung dargestellt.

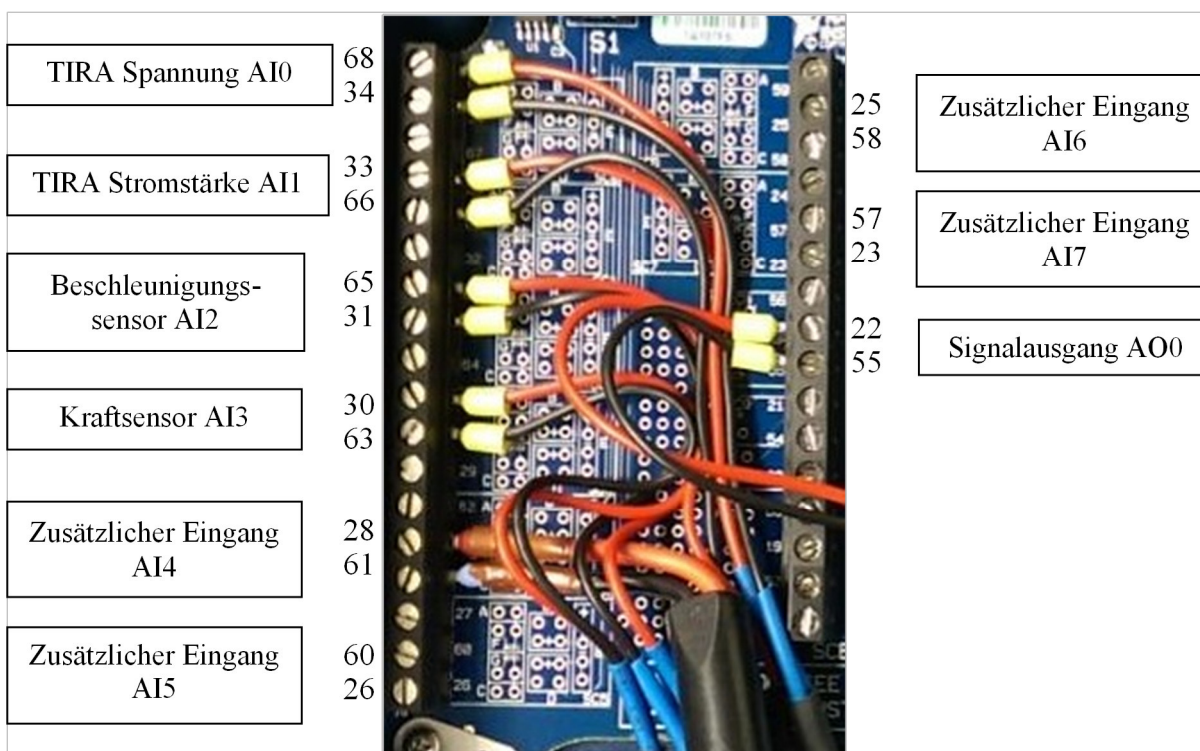


Abbildung 3.2: Pinbelegung der Verkabelung am Anschlussblock

Die Signale der Sensoren werden über den Anschlussblock und das Datenerfassungsmodul (3) (NI PXIe-6358) im Chassi (2) (NI PXIe-1073) an den Rechner (1) geleitet und somit an das Regelungsprogramm. Aus diesen Signalen wird dann im Regelungsprogramm (siehe Kapitel 3.2) die für den Ausgangsverstärker (TIRA) benötigte Spannung und Stromstärke bestimmt und über die gleiche Kette zum Shaker geleitet. Dadurch wird der Schwingungserreger auf die Vorgabewerte des Bedieners eingeregelt. Die technischen Daten des Anschlussblocks, des Datenerfassungsmoduls und des Chassis sind im Anhang III zu finden.

3.1.4 Vorrichtung

Zur festen und spielfreien Installation vom Shaker zum zu testenden Objekt, wurde eine Vorrichtung konstruiert und gefertigt. Diese ist zusammen mit den beiden Sensoren in Abbildung 3.3 zu sehen. Das Ausgleichsgewicht stellt sicher, dass die Schwingung des Shakers nicht

durch asymmetrische Gewichtsverlagerung des Beschleunigungssensors beeinflusst wird. Somit werden geringe bis keine Messfehler ermöglicht. Durch den Gewindestift ist es möglich eine feste Verbindung zu dem Bauteil, das auf Schwingungen getestet werden soll, herzustellen. Zudem kann eine kleine Höhendifferenz von Shaker zum Testobjekt ausgeglichen werden. Dies gewährleistet eine spielfreie sowie eine im ruhzustand kraftfreie Verbindung. Zum Test des Programms und des Aufbaus ist hier ein Tilger verbaut.

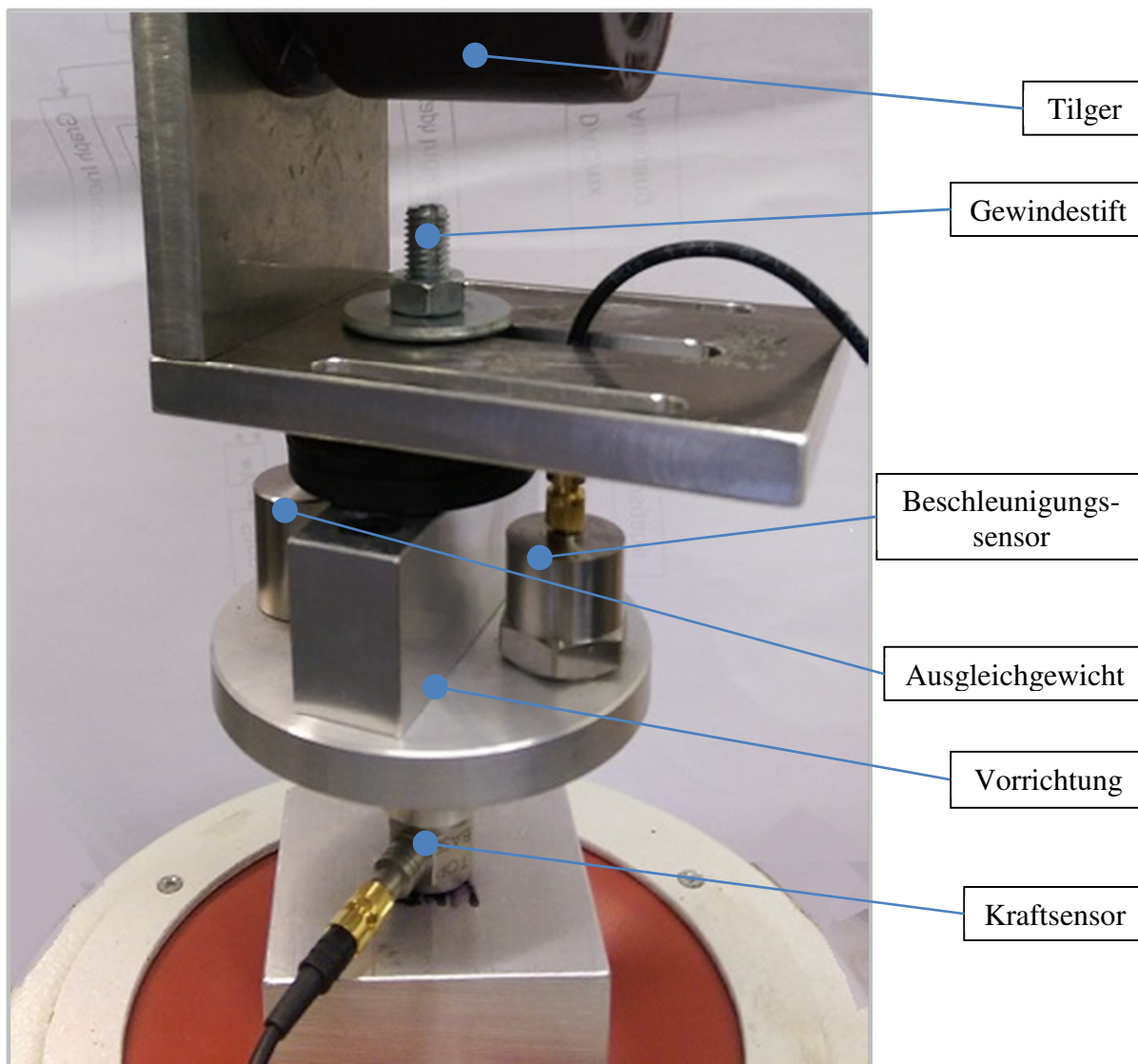


Abbildung 3.3: Vorrichtung für Sensorbefestigung

Die CAD-Zeichnungen zu der Vorrichtung sind im Anhang VI enthalten.

3.1.5 Kabel

Für die Signalverbindung zwischen den einzelnen Hardware-Komponenten werden bestimmte Kabel benötigt. Zwischen den Sensoren und den Verstärkern sind störarme Signalkabel in Verwendung, mit BNC-Anschluss auf einer Seite und einem 10-32 UNF – Anschluss auf der anderen.

Die Weiterleitung der Signale von den Verstärkern (von Shaker wie auch von Sensoren) zum Anschlussblock erfolgt jeweils durch selbst erstellte Kabel mit BNC-Anschluss an der Verstärkerseite und Adernendhülse zur Anschlussblockseite. Bei der Herstellung dieser Kabel ist es wichtig, dass der Schirm auf Minus und das Signal auf Plus gelegt wird (Abbildung 3.4).



Von dem Anschlussblock gelangt das Signal durch ein spezielles abgeschirmtes Kabel (NI SHC68-68-EPM) an das Datenübertragungsmodul im Chassi, das wiederum das Signal durch ein MXI-Kabel an den PC leitet. Die elektrische Leistung für den Shaker wird durch ein Stromkabel vom Verstärker zum Schwingungserreger übertragen. Dass die Stromkabel die Signale der Sensorkabel nicht stören sind diese getrennt voneinander im Schaltschrank verlegt.

Abbildung 3.4: Signalkabel

Zum besseren Verständnis ist in Abbildung 3.5 der Signalfluss des kompletten Aufbaus vereinfacht dargestellt.

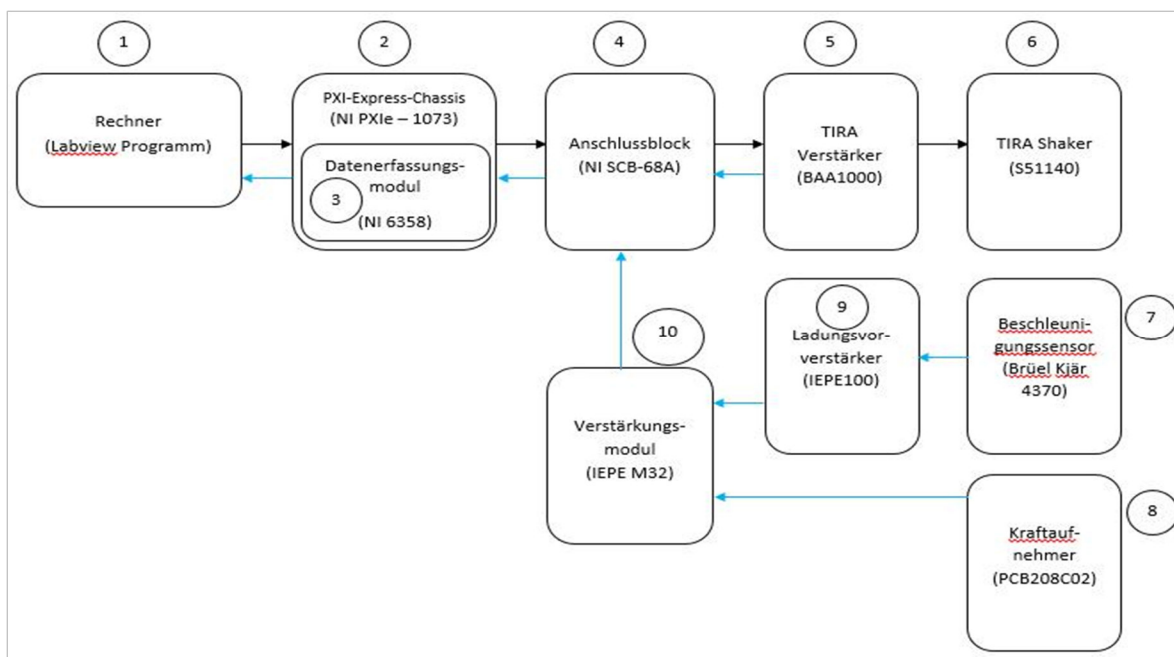


Abbildung 3.5: Signalfluss des Prüfstandaufbaus

Im Regelprogramm auf dem Rechner (1) werden die Vorgabewerte vom Bediener eingegeben (nähere Beschreibung des Programms in Kapitel 3.2). Von dort gehen diese über die NI-Komponenten (2-4) an den TIRA Verstärker (5), der den TIRA Shaker (6) zum Schwingen anregt. In den darauf befestigten Sensoren (7, 8) entstehen Signale, die über die Verstärker (9, 10) und die NI-Komponenten wieder zum Rechner in das Regelprogramm geleitet werden. Dadurch ist der Regelkreis geschlossen.

3.2 Software

Das Regelungsprogramm ist mit LabVIEW programmiert. Nachfolgend wird das ganze Programm kurz vorgestellt und anschließend einzelne wichtige Bestandteile erläutert.

3.2.1 Aufbau des Regelprogramms

Dass der Bediener schnell und effektiv arbeiten kann, ist eine benutzerfreundliche Oberfläche des Programms ein wichtiger Aspekt in der Erstellung des User-Interfaces. Der Aufbau des Regelprogramms wird in nachfolgender Abbildung dargestellt.

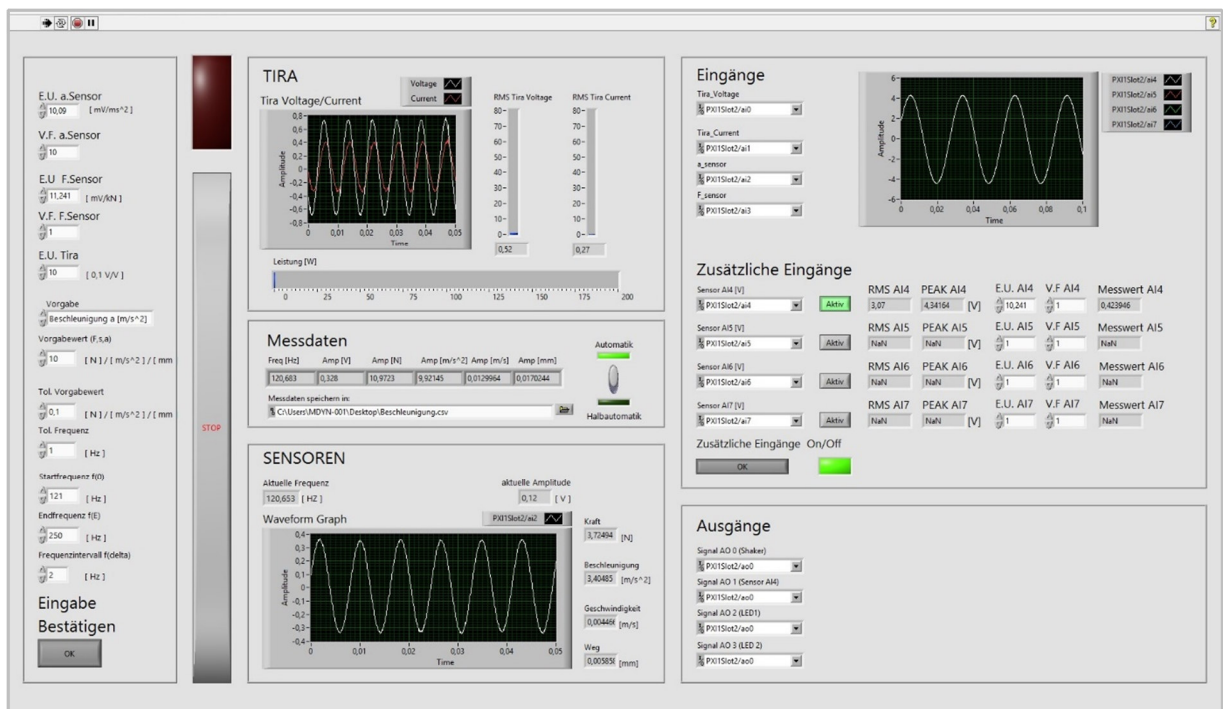


Abbildung 3.6: User Interface des Regelprogramms

Links ist die Eingabe der Werte zu finden, die der Bediener vorgibt. In der Mitte ist die Ausgabe der aktuellen Werte vom Verstärker und des jeweiligen Sensors der gewählten Messung (Beschleunigung, Kraft). Zwischen der Eingabe und der Ausgabe ist ein großer Stopp-Button, der beim Betätigen die aktuelle Messung beendet. Rechts sind noch einzelne externe Sensoren zuschaltbar, die an der jeweiligen Position am Anschlussblock angeschlossen sind. Die Erklärung der Handhabung der einzelnen Bestandteile wird in Kapitel 3.2.2 erklärt.

3.2.2 Wichtige Komponenten des Regelprogramms

Nachfolgend werden alle wichtigen Komponenten des Programms dargestellt und kurz deren Funktion mit Hilfe der Abbildungen erklärt.

Eingabe der Vorgabewerte

The screenshot shows a dialog box titled 'Eingabe der Vorgabewerte' with the following fields and values:

- 1: E.U. a.Sensor, 10,09 [mV/ms²]
- 2: V.F. a.Sensor, 10
- 3: E.U. F.Sensor, 11,241 [mV/kN]
- 4: V.F. F.Sensor, 1
- 5: E.U. Tira, 10 [0,1 V/V]
- 6: Vorgabe Beschleunigung a [m/s²], 10
- 7: Vorgabewert (F,s,a), 10 [N] / [m/s²] / [mm]
- 8: Tol. Vorgabewert, 0,1 [N] / [m/s²] / [mm]
- 9: Tol. Frequenz, 1 [Hz]
- 10: Startfrequenz f(0), 121 [Hz]
- 11: Endfrequenz f(E), 250 [Hz]
- 12: Frequenzintervall f(delta), 2 [Hz]

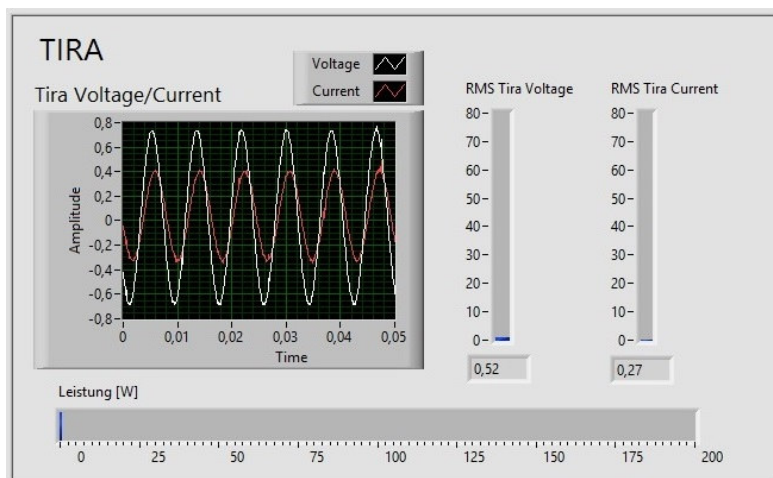
At the bottom, there is a section labeled 'Eingabe Bestätigen' with an 'OK' button.

Der Benutzer gibt im Programm die Daten vor, die für die jeweilige Überprüfung eines Bauteils nötig sind. Wie in Kapitel 3.1.2 erwähnt wird, sind für die Regelung des Shakers zwei unterschiedliche Sensoren (Beschleunigungssensor, Kraftsensor) fest installiert. Für diese beiden sind die Umrechnungsfaktoren in „Engineering Unit“ voreingestellt (Abbildung 3.7, 1+3). Zusätzlich kann der Verstärkungsfaktor, der an dem Modul M32 eingestellt wurde, eingetragen werden (Abbildung 3.7, 2+4). Der Wert 10 für den TIRA-Verstärker ist immer gleich (Abbildung 3.7, 5) und sollte nicht verändert werden. Zudem ist die Regelung für drei unterschiedliche Fälle programmiert: für eine konstante Beschleunigung, eine konstante Kraft oder einen konstanten Weg. Der jeweilige Fall kann unter dem Punkt 6 und der dazugehörige Vorgabewert unter Punkt 7 aus der Abbildung 3.7 eingestellt werden. Die Toleranz des Vorgabewertes ist bei Punkt 8 einzugeben und sollte optimal ein Prozent des Vorgabewertes sein. Da die Überprüfung des Verhaltens des zu prüfenden Bauteils bei unterschiedlichen Frequenzen durchgeführt werden soll, kann die Startfrequenz, die Endfrequenz und der Frequenzsprung eingegeben werden. Die Toleranz der Frequenz darf minimal $\pm 0,5$ Hertz betragen (Abbildung 3.7, 9-12). Ganz unten ist der OK-Button, der die Eingabe bestätigt.

Abbildung 3.7: Eingabe der Vorgabewerte

TIRA-Verstärker

Zum Überblick der ausgegebenen Spannung und Stromstärke und respektive der Leistung an



den Shaker ist die Ausgabe der aktuellen Werte im User-Interface integriert (Abbildung 3.8). Dort wird die Spannung und Stromstärke in einem Graphen dargestellt. Zusätzlich sind die RMS-Werte dieser angegeben. Die Leistung wird in einer Skala dargestellt.

Abbildung 3.8: Ausgabe der TIRA-Versärker-Werte

Messdaten

Nach jeder erfolgreichen Einregelung des Shakers auf den Vorgabewert (Kraft, Beschleunigung oder Weg) und der Frequenz, werden die aktuellen Messdaten, wie in Abbildung 3.9 zu sehen, in einer im Programm enthaltenen Matrix abgespeichert. Diese Matrix wird nach dem kompletten Durchlauf der Messung in die Datei geschrieben, die in dem Pfad bei „Messdaten speichern in:“ eingegeben wird. Dieser Pfad wird per Hand eingetragen und der Dateiname mit der Endung „.csv“ abgeschlossen. Sind nur die Messgrößen der zur Regelung benötigten Sensoren gewünscht, ist es sinnvoll den Schalter (1) auf „Automatik“ zu stellen. Nach jeder erfolgreichen Regelung werden die aktuellen Werte automatisch gespeichert. Soll jedoch ein (zusätzlicher) Sensor mit einem externen Gerät (z.B. Oszilloskop) gemessen werden, ist auf „Halbautomatik“ umzustellen. In dieser Stellung wird nach jeder Einregelung abgefragt, ob die Frequenz erhöht werden soll. In diesem Zeitraum können die Messdaten am externen Gerät abgelesen und notiert werden. Erst nach Bestätigen der Meldung „Messen bereit“ wird die Frequenz um das voreingestellte Intervall durch das Programm erhöht.

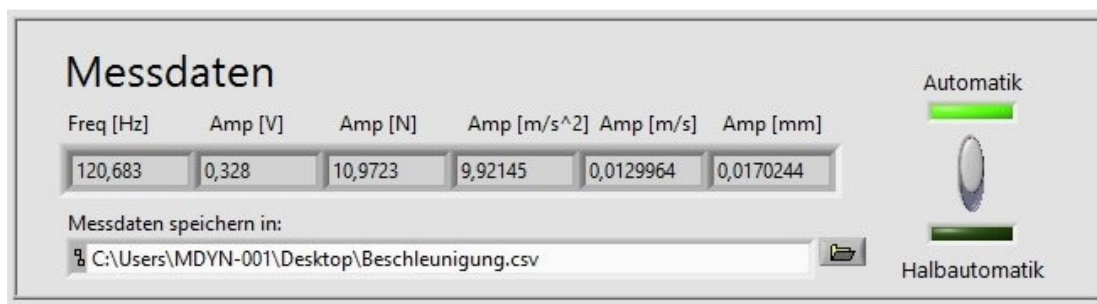
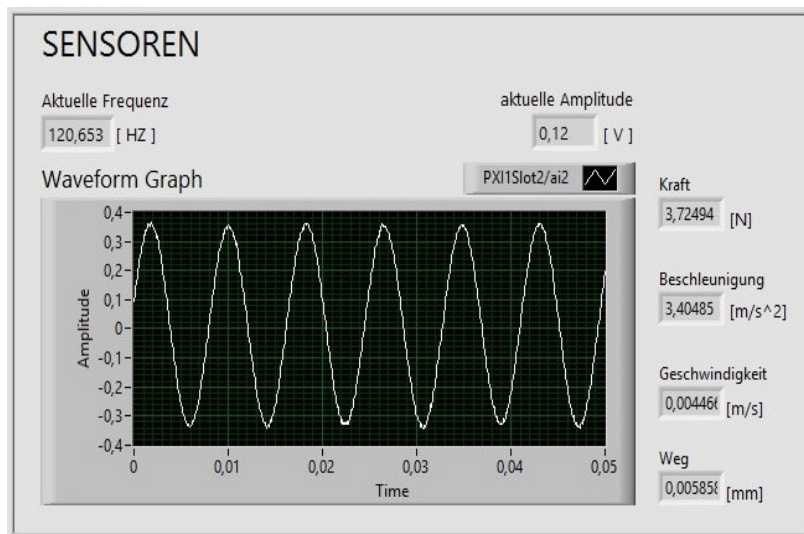


Abbildung 3.9: Ausgabe der aktuellen Messdaten und Einstellung der Messung

Sensoren

Damit der Überblick über das Verhalten während des Prüfens nicht verloren geht, ist im User-Interface eine Ausgabe aller Momentan-Werte eingebracht. Dort kann neben dem Verlauf des



Sensorsignals die aktuelle Frequenz, die maximale Kraft, die maximale Beschleunigung und die maximale Geschwindigkeit eingelesen werden. Zusätzlich ist auch der maximale Amplitudenweg [V] am Ausgang der Connectorbox angegeben. (Abbildung 3.10)

Abbildung 3.10: Ausgabe der aktuellen Sensorsignale

Eingänge

Zurzeit ist neben der für die Regelung relevanten Eingänge ein zusätzlicher Signaleingang fix angeschlossen, wie in Abbildung 3.11 zu sehen ist.

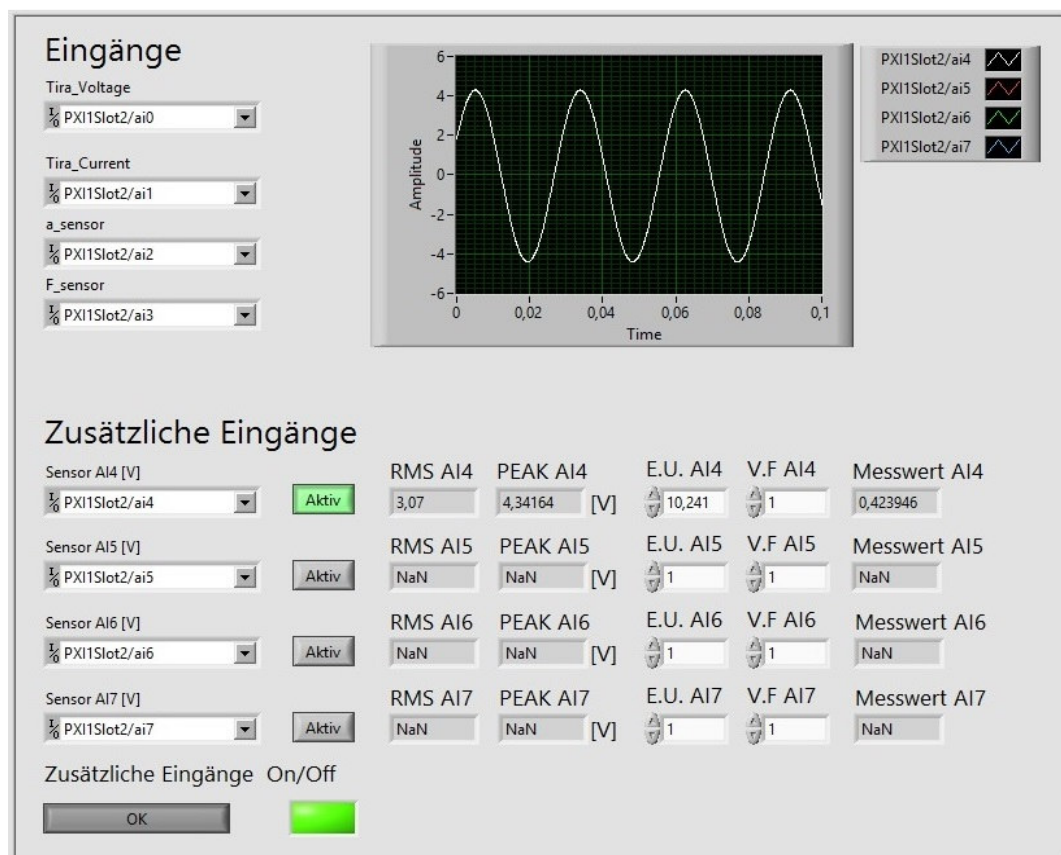
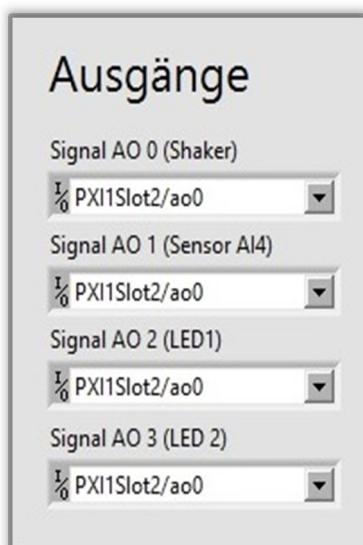


Abbildung 3.11: Fixe und externe Ausgänge

Da in Zukunft mehrere Sensoren verwendet werden sollen, sind insgesamt vier zusätzliche Eingänge mit dem verwendeten Anschlussblock vorhanden (Abbildung 3.11). Im Programm können diese während dem Betrieb zugeschaltet werden indem der „OK-Button“ betätigt wird. Anschließend kann jeder beliebige zusätzliche Eingang mit dem „Aktiv-Button“ aktiviert werden, solange dort etwas angeschlossen ist. Von dem angeschlossenen Sensor wird automatisch der RMS-Wert und der Peak-Wert der Spannung in Volt ausgegeben. Zur Umrechnung dieser Werte muss der jeweilige Verstärkungsfaktor und der „Engineering Unit“ separat eingegeben werden. Die Signale der zusätzlich zugeschalteten Sensoren werden noch graphisch dargestellt.

Ausgänge



Zu den Eingängen sind auch noch die Ausgänge angegeben, die mit dem vorhandenen Anschlussblock möglich sind. In Abbildung 3.12 sind mögliche Ausgangsarten zu sehen. Diese wären zum Beispiel für LED`s oder einen Sensor.

Abbildung 3.12: Ausgänge

3.2.3 Programmablauf

Die Funktion des Programms, von der Eingabe des Benutzers bis zur Ausgabe im User-Interface, wird kurz in Bezug des Programmablaufs erklärt. Zuerst wählt der Anwender den benötigten Fall (Kraft, Weg, Beschleunigung) aus und gibt alle Vorgabewerte (SOLL) in die Eingabe ein (Abbildung 3.7). Nach dem Betätigen des Startbuttons werden die Signale vom Rechner über die NI-Komponenten an den Shaker geleitet. Dieser wird durch eine feste Startamplitude in Bewegung gebracht. Die Sensoren geben durch die Bewegung des Shakers die aktuellen Werte über die Verstärker und die NI-Komponenten an das Programm zurück. Die Regelungsschleife beginnt mit der Initialisierung der Eingangssignale. Nach dem Einlesen werden die Signale mit Hilfe einer FFT-Analyse verarbeitet. Dort wird die höchste Amplitude mit der dazugehörigen Frequenz herausgelesen. Die Werte werden mit dem Umrechnungsfaktor („Engineering Unit“) des jeweiligen Sensors und dem Faktor des Verstärkers verrechnet, um die Höhe der aktuellen Kraft, der Beschleunigung und der Frequenz bestimmen zu können. Die aktuelle Geschwindigkeit und der aktuelle Weg des Shakers, werden mit einfacher bzw. doppelter Integration berechnet. In einer Fallunterscheidung werden diese Werte (IST) mit den vorher eingegebenen Vorgabewerten (SOLL) verglichen. Diese ist mit einer State Machine (Schleife um Case) gelöst. Die unterschiedlichen Fälle, separiert in Regelung der Amplitude und Frequenz, werden kurz erläutert.

Fallunterscheidung Frequenz

1. Fall: „Vorgabewert“

Hier wird der Startwert gleich der Vorgabestartfrequenz (SOLL) gesetzt. Jedoch wird wegen der FFT-Analyse zur Startfrequenz die Hälfte des Frequenzintervalls addiert:

$$\text{Startwert} = \text{Vorgabestartfrequenz} + \frac{\Delta f}{2} \quad (3.3)$$

2. Fall: „Vergleich“

Der aktuelle Wert, von der FFT ermittelt (IST), wird mit dem Vorgabewert (SOLL) verglichen und gleichzeitig untersucht, ob sich die Differenz der beiden in dem Vorgabetoleranzfeld befindet. Ist diese innerhalb der Toleranz folgt „gleich“, außerhalb folgt „ungleich“.

3. Fall: „ungleich“

Ist der Wert nicht im Toleranzfeld des Vorgabewertes, wird überprüft ob der aktuelle Wert (IST) „größer“ (Fall 4) oder „kleiner“ (Fall 5) als der SOLL-Wert ist.

4. Fall: „größer“

Wenn der aktuelle Wert (IST) größer ist, dann wird der Wert für die Signalerzeugung verkleinert um die Differenz auszugleichen.

5. Fall: „kleiner“

Wenn der aktuelle Wert (IST) kleiner ist, dann wird der Wert für die Signalerzeugung vergrößert um die Differenz auszugleichen.

Die aktualisierten Werte aus Fall 4 oder Fall 5 werden genutzt, um die Bewegung des Shakers anzupassen. Der Durchgang der Schleife ist somit abgeschlossen. Die veränderte, angepasste Bewegung des Schwingungserregers ändert die Signale der Sensoren. Der aktualisierte IST-Wert wird erneut in dem Fall „Vergleich“ mit dem SOLL-Wert verglichen. Diese Prozedur wird solange wiederholt bis der Fall „gleich“ erreicht worden ist.

6. Fall: „gleich“

Ist der aktuelle Wert (IST) innerhalb des Vorgabetoleranzbereiches (SOLL), dann wird in „Messen bereit“ gewechselt.

7. Fall: „Messen bereit“

Hier werden die aktuellen Messwerte (IST) für die weitere Verwendung zur Verfügung gestellt bzw. für die tatsächliche Messung bereitgehalten.

8. Fall: „Messwerte auslesen“

Ist bei der Regelung der Frequenz und der Amplitude innerhalb einer Regelschleife „Messen bereit“ erreicht worden, werden die zur Verfügung gestellten Messwerte (IST) in einer Matrix abgespeichert. Die Matrix wird mit jeder Einreglung um die aktuellen Messwerte erweitert.

Fallunterscheidung Amplitude

Die Regelung von Kraft, Beschleunigung oder Weg durch die Fallunterscheidung von IST- und SOLL-Wert ist ähnlich der Frequenzregelung. Die kleinen Unterschiede werden nachfolgend erläutert.

1. Fall: „Vorgabewert“

Der Startwert der Amplitude gleicht dem der Vorgabestartamplitude gleichgesetzt:

$$\text{Startwert} = \text{Vorgabestartamplitude} \quad (3.4)$$

8. Fall: „Messwerte auslesen“

Dieser Fall ist nur bei der Fallunterscheidung der Frequenz vorhanden, da die Abspeicherung der aktuellen Messwerte nur einmal notwendig ist.

Nachdem die aktuellen Messwerte in „Messwerte auslesen“ in die Matrix abgespeichert worden sind, wird die Startfrequenz um das eingegebene Frequenzintervall erhöht. Das Programm

wiederholt nun den kompletten Ablauf mit der neuen Stufe Vorgabestartfrequenz. Am Ende eines kompletten Tests, von Startfrequenz bis Endfrequenz, werden alle Messwerte, die in der Matrix abgelegt sind, in eine vorher erstellte csv-Datei abgespeichert. Die Messung ist abgeschlossen und das Programm wird automatisch beendet.

4 Verbesserungsmöglichkeiten

Diese Projektarbeit befasst sich mit dem Aufbau des Shakers und sämtliche benötigter Hardware-Komponenten sowie der Programmierung einer Software zur Regelung eines Shakers. Das Hauptaugenmerk lag deswegen auf der Funktionalität einer erfolgreichen Regelung von drei unterschiedlichen Fällen. Diese sind die Vorgabe der Kraft, der Beschleunigung oder des Weges. Dieses Ziel ist erfolgreich erreicht worden. In Zukunft können nun Verbesserungen bzw. Optimierungen an den Aufbau sowie dem Programm durchgeführt werden.

4.1 Verbesserungen Hardware

Am Aufbau des Prüfstandes können einige Kleinigkeiten verbessert werden. Eine Verbesserung wäre sicherlich im Bereich der Kühlung des Shakers möglich. Da das Kühlgebläse sehr laut ist, wäre es sinnvoll die im Labor vorhandene Druckluftleitung zu verwenden. Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben ist hierzu die Verlegung einer zusätzlichen Leitung zum Shaker notwendig. Zum An- und Ausschalten der Kühlung wird ein Kugelhahn benötigt, mit dem die Zufuhr der Druckluft zum Shaker gesteuert werden kann. Zusätzlich ist noch ein Verbindungsstück vom Anschluss der Kühlluftzufuhr von der Leitung zum Shaker notwendig. Dies kann ein einfacher Diffusor sein.

Es ist ratsam den Ladungsvorverstärker direkt an das Gestell des Shakers anzubringen, damit dieser so nah wie möglich am Beschleunigungssensor ist (Abbildung 3.1). Dies kann mit einer Rohrschelle ausgeführt werden, die an das Gestell angeschraubt wird. Desweiteren muss ein kürzeres Sensorkabel besorgt werden.

4.2 Verbesserungen Software

Da das Regelungsprogramm in der LabVIEW-Programmierung durch Neueinsteiger programmiert worden ist, sind einige Teilbereiche vereinfacht programmiert worden. Einzelne Programmbausteine können durch bessere, einfachere, elegantere oder genauere Lösungen ersetzt werden. Das Anfahren des Shakers an den Startwert kann optimiert werden und somit die erste Einregelung beschleunigt werden. Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn die Funktion „write to spreadsheet“ (abspeichern der Matrix in einer csv-Datei) in der Regelungsschleife integriert wird. Ist diese außerhalb platziert kann es bei einem unkontrollierten Programmstopp (Stromausfall) zu einem Verlust der bereits erfassten Messdaten kommen. Ist die Funktion innerhalb der Schleife integriert, wird jeder neue Wert der Matrix an die beste-

hende Datei angehängt. Hierdurch wird die Wiederholung einer langwierigen Messprozedur vermieden, da das Programm mit dem letzten abgespeicherten Wert fortgesetzt werden kann. Die Eingabe der Vorgabewerte durch den Bediener ist ebenfalls noch einfach gehalten. Um dem Bediener ein professionelleres Interface zu präsentieren, gibt es einige Möglichkeiten dazu. Der Bediener kann durch die Eingabe der benötigten Werte geführt werden. So kann zum einen ein Button „Fall wählen“ eingefügt werden. Beim Betätigen dieses Buttons erscheint ein Popup-Fenster in dem der benötigte Fall ausgewählt wird. Abschließend können die Eingabewerte vom Bediener eingegeben werden. So werden eventuelle Fehler bei der Initialisierung vermieden, sodass das Programm nicht mit falschen bzw. alten Eingabewerten arbeitet und im schlimmsten Fall die Messung unbrauchbar macht. Zusätzlich kann eine Datenbank gepflegt werden, dass die Umrechnungsfaktoren der im Labor verfügbaren Sensoren nicht manuell eingegeben werden müssen. Dies erleichtert die Bedienung.

5 Fazit

Die Projektarbeit war sehr umfangreich gestaltet und nahm viel Zeit in Anspruch. Es musste der komplette Aufbau der Hardware geplant und durchgeführt werden. Der Shaker sollte mit LabVIEW geregelt werden. Zu unseren Aufgaben zählte somit auch das Programmieren einer Software, die den Anforderungen entspricht. Zur Anfangszeit waren keinerlei Kenntnisse zu der zur Verfügung gestellten Bearbeitungssoftware vorhanden, was eine Schulung notwendig machte, die einige Wochen in Anspruch nahm. Durch die benutzerfreundliche Anwendungsoberfläche, war es leicht die Grundkenntnisse zu erlernen. Da die Schulung nur in englischer Sprache angeboten wurde, sind einige wichtige Hinweise eventuell nicht richtig verstanden worden. Hier wäre es sinnvoll die Schulung auch in Deutsch anzubieten. Erst während der Programmierung der Regelung sind einige Defizite aufgefallen, welche den Kenntnissen zu LabVIEW anbelangt. Einige Aufgaben im Programm sind nur durch ausprobieren, mit Hilfe des Internets oder dem Support von National Instruments gelöst worden. Eine Optimale Lösung ist aufgrund der beschriebenen Defizite teilweise nicht möglich gewesen. Der Aufbau der Hardware hingegen war relativ einfach und führte zu keinen Problemen. Die Grundstrukturen der Software und der Hardware sind vorhanden, sodass die Regelung des Shakers funktioniert. Diese kann noch mit den in Kapitel 4 genannten Möglichkeiten optimiert werden.

Positiv war, dass viele Themen aus den letzten Semestern Modulübergreifend in die Arbeit miteingeflossen sind. Während dieser Projektarbeit waren die Kenntnisse aus den Modulen Regelungstechnik, Messtechnik, Informatik, Konstruktion und auch Technische Dynamik erforderlich und hilfreich. Zudem wurden die aus den Vorlesungen erlangten theoretischen Informationen mit denen der Praxis kombiniert und angewendet.

6 Anhang

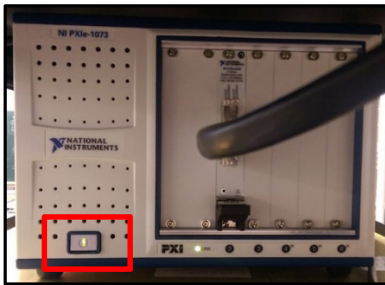
I Quick Guide

Diese kurze Erklärung beschreibt in einzelnen Schritten die Inbetriebnahme des Prüfstandes.

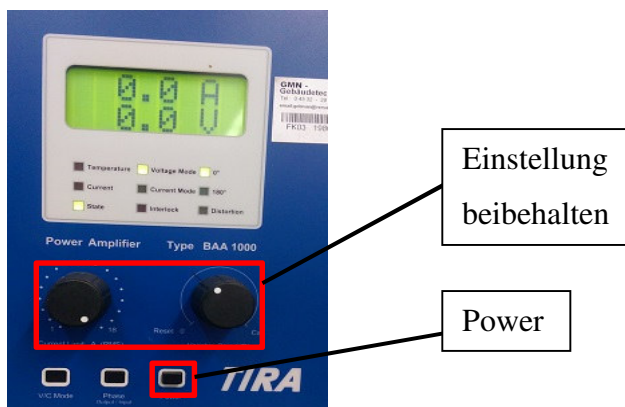
1. Strom für den Schaltschrank anschließen
2. Schaltschrank einschalten



3. NI – Chassi im Schaltschrank einschalten (WICHTIG: Vor Rechner starten)



4. Prüfstands-Rechner unter dem Tisch einschalten
→ Anmeldung: PW: germany
5. Programm („Shakerregelung“) starten
6. TIRA-Verstärker einschalten
→ WICHTIG: Einstellung immer laut Abbildung vornehmen



7. Programm, wie in 3.2 beschrieben, bedienen: Startbutton links oben    

8. Abgespeicherte csv-Datei in Excel öffnen

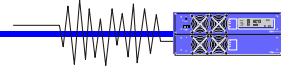
Daten → Externe Daten abrufen → aus Text → csv-Datei auswählen → Importieren
→ bei „Getrennt“ den Punkt setzen → Weiter → Trennzeichen auswählen → Weiter
→ Datenformat der Spalten auf „Standard“ setzen → Fertigstellen → OK

II Shakeraufbau

Schwingungserreger (Shaker) S 511 40

Verstärker BA 100

Kühlungsgebläse TB 0140

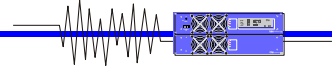


Technische Dokumentation

Schwingerreger

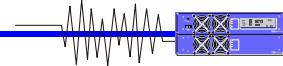
S 51140





INHALTSVERZEICHNIS

1. EINFÜHRUNG	2
2. TECHNISCHE DATEN TIRA^{vib} S 51140	3
2.1. Schwingerreger	3
2.2. Lüftereinheit	3
3. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	4
3.1. Maschinelle Funktionen	4
3.2. Elektrische Funktionen	4
4. INSTALLATION	5
5. HINWEISE ZUR SCHWINGUNGSPRÜFUNG	5
6. SERVICE UND REPARATUR	6
7. ANLAGEN	7



SCHWINGERREGER DER BAUREIHE TIRAvib - Typ S 51140

1. EINFÜHRUNG

Der Schwingungserreger TIRAvib S 51140 von **TIRA** GmbH ist ein elektrodynamischer Messwandler mit breitem Frequenzbereich, der eine Sinusvektorkraft von 400 N erzeugen kann. Der Schwingungserreger arbeitet normalerweise in einem Frequenzbereich von 2 bis 6500 Hz, wird entweder mit einem Sinuswellensignal oder einem regellosen Signal gespeist und wird von Leistungsverstärkern mit einer Ausgangsleistung bis zu 1200 VA getrieben.

Der Schwingerregger besteht aus einem freitragenden permanentenerregten Magnetrahmen in dem sich die Ankerspule befindet.

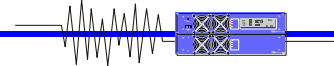
Der Schwingungserreger ist fliegend gelagert und kann in senkrechter oder waagerechter Stellung mit Spannschrauben festgespannt werden.

Die Übertragung von Schwingungen auf den Aufstellungsort werden durch das Schwenkgestell gedämpft.

Achtung!

Ohne Lüfter wird der Shaker automatisch mit reduzierter Leistung betrieben (ca. 100 N bei Betrieb mit dem Verstärker BAA 1000).

Wird der Shaker mit einem anderen Verstärker betrieben, so ist sicherzustellen, dass ohne Gebläse der Strom im System maximal 5 A betragen darf.



2. TECHNISCHE DATEN TIRAvib S 51140

Die technischen Daten wurde im Einklang mit der ISO 5344 ermittelt.

2.1. Schwingerreger

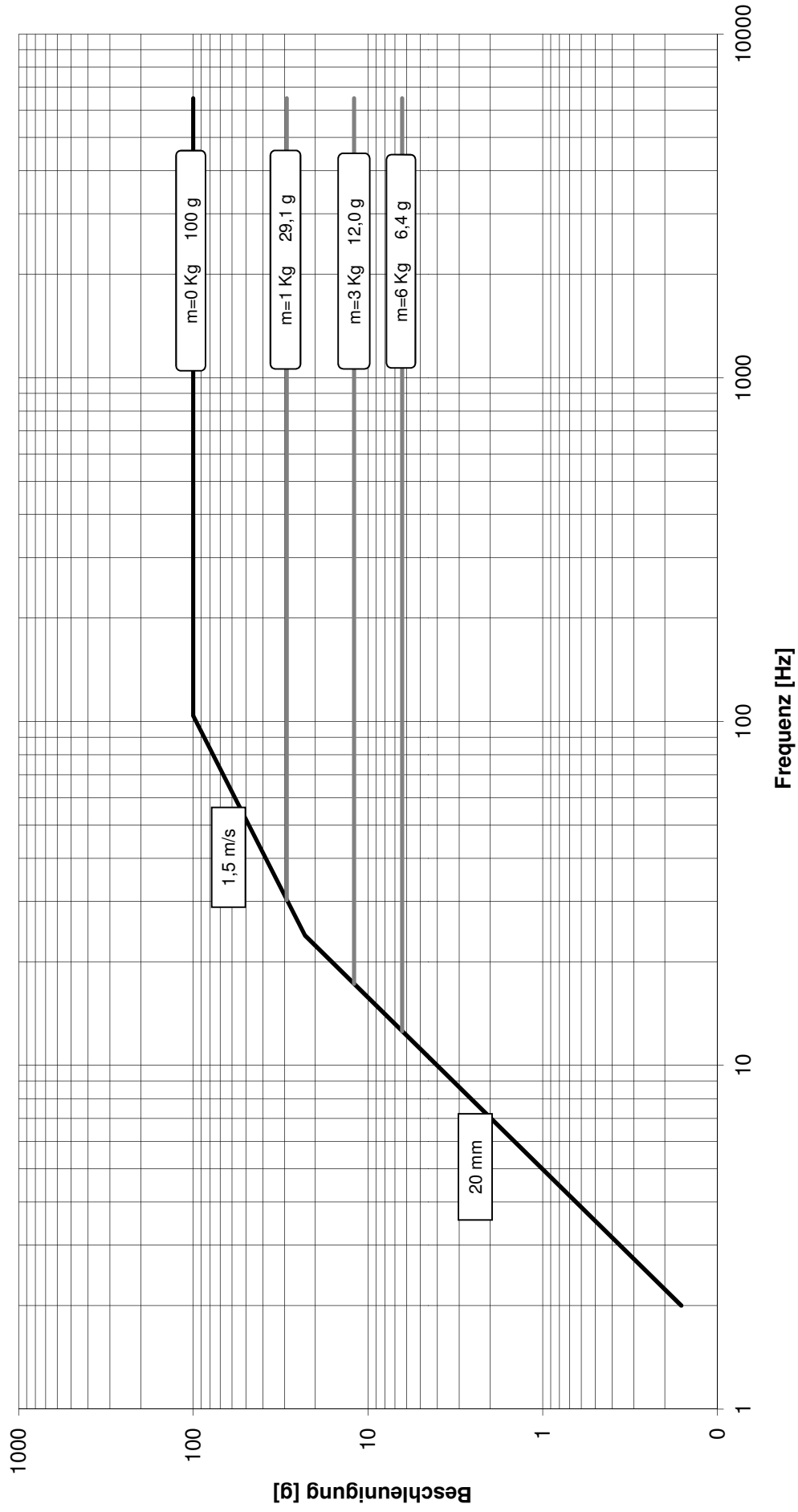
Nennkraft	Sinus	400 N
	Rauschen	311 N
Frequenzbereich		2 Hz – 6,5 kHz
Hauptresonanzfrequenz		> 5,5 kHz
Max. Beschleunigung	Sinus	100 g
	Rauschen	50 g
Masse Schwingsystem		0,4 kg
Max. Spannung		72 V _{eff}
Max. Strom		18 A _{eff}
Max. Leistungsaufnahme		
des Systems bei 230 V (Verstärker/Lüfter)		1,22 / 1,4 kVA
Max. Geschwindigkeit		1,5 m/s
Max. Schwingweg p-p		20 mm
Max. Nutzlast (vertikal)		6 kg
<small>(beeinflusst den möglichen maximalen Schwingweg)</small>		
Tischdurchmesser (Armatur)		60 mm
Magnetisches Streufeld		
(100 mm über der Armatur)		0,6 mT
Magnetisches Streufeld		
(100 mm neben der Armatur)		0,28 mT
Gewicht mit Gestell		18 kg
Prüflingsaufspannung		1 Loch in der Mitte und 4 Löcher M6 Teilkreis mit Durchmesser 40 mm
Optional		Stößel mit einem Durchmesser von 16 mm, 1 Gewindeinsatz in der Mitte (M6)
Max. Nennkraft ohne Lüfter:		100 N

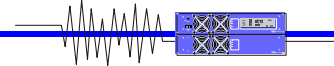
Wichtiger Hinweis:

Wird das System mit langen Luftschläuchen betrieben (> 5 m Länge), ist die Dauer für den Volllastbetrieb eingeschränkt!

Belastungsdiagramm TV 51140

Nennkraft: 400 N max. Beschleunigung: 100 g max. Geschwindigkeit: 1,5 m/s max. Schwingweg: 20 mm





3. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

3.1. Maschinelle Funktionen

Die elektrodynamischen Schwingungserreger S 51140 zeichnen sich durch robusten Aufbau und hohe Standfestigkeit aus. Das Erregersystem ist in einem Ständer drehbar gelagert. Es kann in jeder Lage betrieben werden. Es läßt sich leicht aus dem Ständer nehmen und kann an den Griffen gehalten und getragen werden.

In einem durch Seltene Erden - Magnete erzeugten Magnetfeld ist die freitragend gewickelte Schwingspule angeordnet. Sie ist fest mit dem Schwingbolzen verbunden. Der Schwingbolzen wird an beiden Enden mittels geschlitzter Membran geführt. Die Aufspannfläche des Schwingbolzens dient zur Befestigung der zu prüfenden Objekte. Sie ist mit Gewindebohrungen versehen.

3.2. Elektrische Funktionen

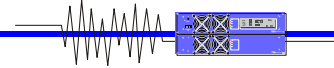
Alle elektrischen Anschlüsse des Schwingerregers werden durch das 3-polige Verbindungskabel hergestellt.

Der Magnetfluß im Luftspalt wird durch einem Permanentmagnet erzeugt.

Wenn die Ankerwicklung des Schwingungserregers, die im rechten Winkel zum Magnetfluß im Luftspalt liegt, vom Strom durchflossen wird, resultiert eine Kraft senkrecht zum Magnetfluß und zur Ankerstromrichtung. Bei Wechselstrom entsteht also eine Wechselkraft:

$$F = B * l * i$$

Bedeutung: B - Magnetflussdichte im Luftspalt
 l - gesamte Windungslänge
 i - Strom durch die Ankerspule



4. INSTALLATION

Die Umgebungsluft am Aufstellort des Schwingungserregers sollte frei von ferromagnetischen Teilchen sein. Arbeitsgänge im Installationsbereich des Schwingererger, welche ferromagnetische Teilchen erzeugen, sollten erst nach entsprechenden Schutzmaßnahmen durchgeführt werden.

Das Schwingsystem kann senkrecht oder waagrecht betrieben werden. Es ist darauf zu achten, daß die zulässige Belastung nicht überschritten wird; insbesondere ist die Einhaltung der angegebenen Werte für den zulässigen Schwingweg zu kontrollieren.

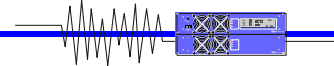
Die Umgebungstemperatur sollte im Arbeitsbereich des Schwingererger zwischen +5°C und +40°C liegen.

Zulässige Luftfeuchtigkeit im Arbeitsbereich: 0% - 95%.

5. HINWEISE ZUR SCHWINGUNGSPRÜFUNG

Die Masse der Prüflinge darf die in den Kenndaten angegebenen Werte nicht überschreiten. Bei horizontalem Betrieb kann der Prüfling an Fäden aufgehängt werden, um das Gewicht zu kompensieren. Dann sind größere Massen zulässig. Die Fäden sollten möglichst lang, dünn und wenig biegesteif sein.

Es ist nicht ratsam, einen schweren Prüfling längere Zeit auf dem Schwingungserreger aufgespannt zu lassen, weil es sonst Aufhängungsschäden geben kann.



6. SERVICE UND REPARATUR

Der Schwingerreger S 51140 ist wartungsfreundlich konzipiert, es ist jedoch zu betonen, daß die Wartung nur den entsprechend qualifizierten Kundendiensttechnikern von **TIRA** anzuvertrauen ist. Regelmäßige Wartung ist an und für sich nicht notwendig, aber eine Sichtkontrolle von Zeit zu Zeit empfiehlt sich schon als vorbeugende Maßnahme.

Wenn ein Fehler auftritt, empfiehlt es sich, alle Anschlüsse am Schwingerreger auf Kurzschlüsse bzw. fehlenden Durchgang zu prüfen. Wenn der Fehler dann immer noch nicht festzustellen ist, muß der Schwingerreger zur Reparatur an **TIRA** eingeschickt werden.

Bei technischen Fragen oder Problemen rufen Sie unsere Service Hotline an:

+49 3 67 66 280-88

Mo-Fr 7 - 18 Uhr

Achtung!

Wird der Schwingerreger nicht mit dem passenden Verstärker von TIRA betrieben, ist darauf zu achten, dass der zulässige Strom (5 A) durch die Schwingspule nicht überschritten wird.

Anzugsmomente

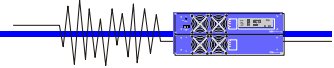
Alle Anzugsmomente für Schrauben in Stahl sind folgender Tabelle zu entnehmen.

Gewinde	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	12.9
Moment	2.2 Nm	5.1 Nm	10.3 Nm	17.6 Nm	42.6 Nm	84 Nm	146 Nm	365 Nm	712 Nm	1231 Nm	

Gewinde	M 3	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	8.8
Moment	1.3 Nm	3.1 Nm	6.1 Nm	10.4 Nm	25.4 Nm	50 Nm	88 Nm	218 Nm	426 Nm	736 Nm	

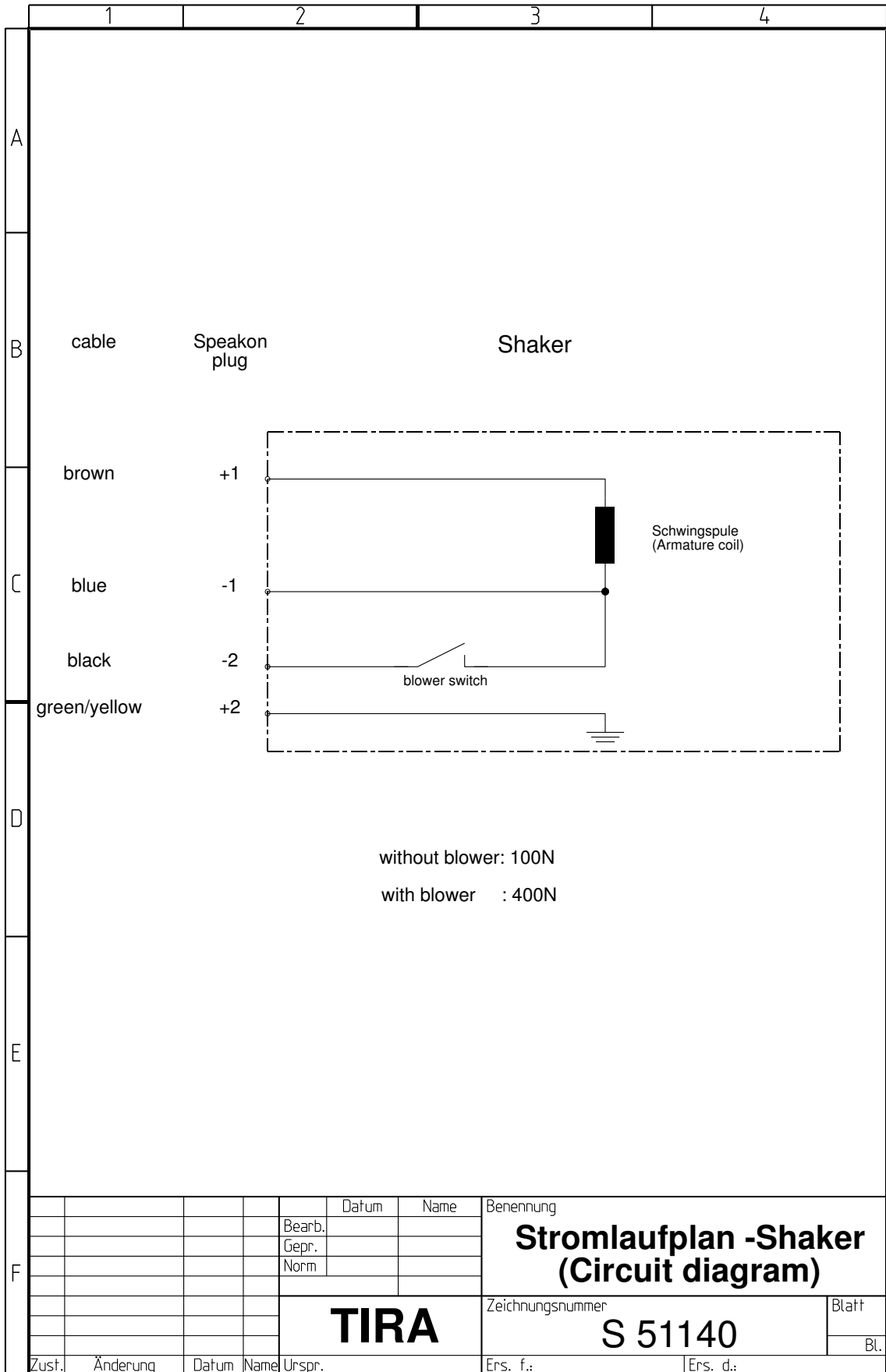
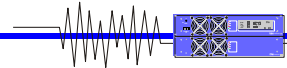
Achtung !

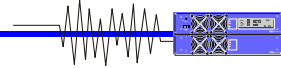
Die Anzugsmomente sind für Schrauben in Magnesium mit Gewindeeinsätzen mit 0,8 und für Schrauben ohne Einsätze in Aluminium oder Magnesium mit 0,4 zu multiplizieren.



7. Anlagen

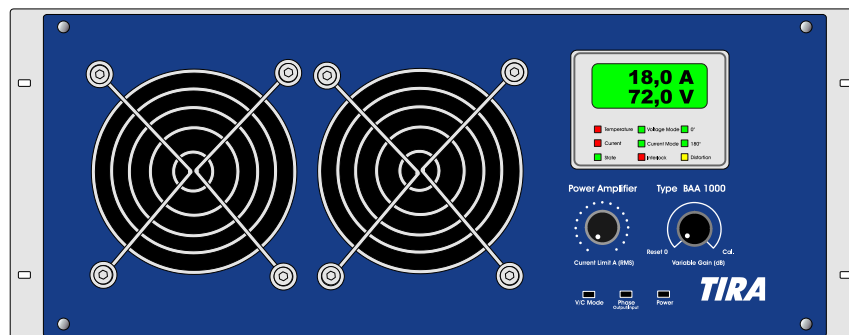
- Stromlaufplan Schwingungserreger
- Belastungsdiagramm TV 51140 (S 51140 + BAA 1000)

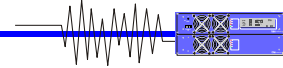




Technische Dokumentation

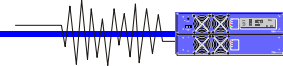
Verstärker BAA 1000





INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINFÜHRUNG	2
2.	TECHNISCHE DATEN BAA 1000	3
3.	ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	4
3.1.	Frontplatte	4
3.1.1.	Multifunktionsdisplay	4
3.1.2.	Current Limit	5
3.1.3.	V/C Mode	5
3.1.4.	Phase	5
3.1.5.	Power	6
3.1.6.	Variable Gain	6
3.2.	Rückseite	6
3.2.1.	Input „AC“	6
3.2.2.	Input „DC“ (optional)	6
3.2.3.	Monitor-Ausgänge	7
3.2.4.	Output	7
3.2.5.	Main Power	7
4.	BEDIENUNG	8
5.	KÜHLUNG	9
5.1.	Umweltbedingungen	9
5.2.	Schallpegel	9
6.	INSTALLATION	9
6.1.	Anordnung des Verstärkers	9
6.2.	Elektrische Anschlüsse	10
7.	SERVICE UND REPARATUR	10
8.	ANLAGEN	11



LEISTUNGSVERSTÄRKER DER BAUREIHE BAA 1000

1. EINFÜHRUNG

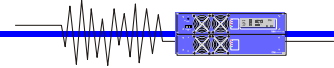
Der Leistungsverstärker BAA 1000 ist ein luftgekühlter, universell einsetzbarer Verstärker mit einer Nennleistung von 1200 VA. Der Endverstärker arbeitet mit modernsten FET - Leistungstransistoren und ist völlig komplementär aufgebaut. Der Endstufenblock hat einen symmetrischen Eingang und verhält sich ähnlich einem Leistungsoperationsverstärker hoher Bandbreite und Leistung. Serienmäßig ist der Signaleingang des Verstärkers unsymmetrisch beschaltet. Der Verstärker BAA 1000 kann sowohl im Strom- als auch im Spannungsmodus betrieben werden.

Der Ausgangsstrom des Verstärkers kann durch einen externen Regler begrenzt werden

Der Bauweise nach ist der BAA 1000 test- und wartungsfreundlich und enthält Bauelemente, die der ganzen TV-Analogverstärkerserie als Gleichteile gemeinsam sind. Die Ausgangsverstärkertransistoren sitzen auf miteinander austauschbaren hochwirksamen, luftgekühlten Kühlkörpern.

Schnell wirkende Überwachungssysteme schützen den Verstärker zuverlässig unter allen bekannten Überlastbedingungen.

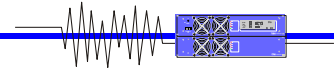
Ein LC-Multifunktionsdisplay zeigt den Effektivwert des Ausgangsstromes und der Ausgangsspannung des Verstärkers an.



2. TECHNISCHE DATEN BAA 1000

Die technischen Daten wurden im Einklang mit der ISO 5344 ermittelt.

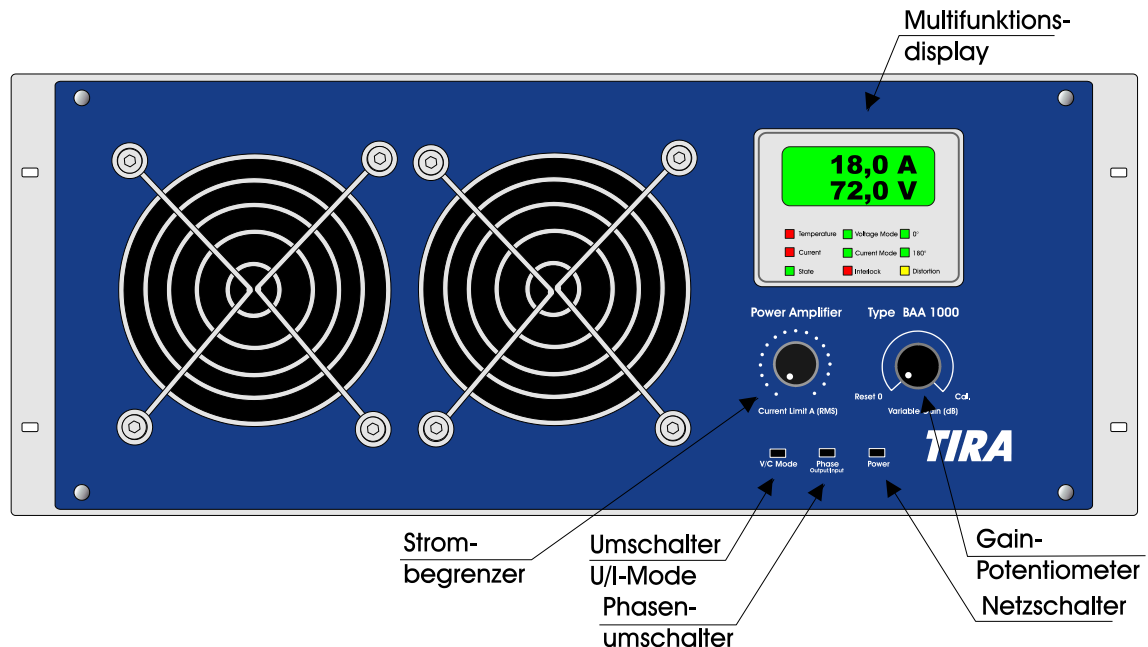
Sinusdauerleistung	1200 VA
Leistungsbandbreite	2 Hz - 20 kHz
Optimaler Lastwiderstand	4 Ohm (min. Last: 2 Ohm)
Ausgangsnennspannung, max.	72 V _{eff}
Ausgangsstrom, max.	18 A _{eff}
Max. Eingangsspannung	< 5 V _{eff}
Klirrfaktor	< 0,1 %
Signal/Rauschabstand	>90 dB
Schutzschaltungen	Temperatur Überstrom Clipping
Abmessungen:	
Höhe	190 mm
Breite	483 mm
Tiefe	600 mm
Gewicht	45 kg



3. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

3.1. Frontplatte

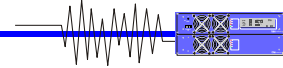
Die Frontplatte umfasst folgende Steuer-, Einstell- und Überwachungsfunktionen, die durch folgende Regler und Leuchtdioden dargestellt werden.



3.1.1. Multifunktionsdisplay

Auf dem Display werden bei Betrieb des Verstärkers die RMS-Werte von Strom und Spannung angezeigt.

„TEMPERATURE“	Verstärker wird aufgrund zu hoher Temperatur (Kühlkörper) abgeschaltet, LED „Temperature“ leuchtet.
„CURRENT“	Wird der eingestellte Strom am „Current-Limiter“ überschritten, schaltet der Verstärker ab und die LED „Current“ leuchtet
„STATE“	normale Betriebszustandsanzeige, kein Fehler
„VOLTAGE MODE“	LED leuchtet, wenn die Betriebsart „Spannungsmode“ gewählt wurde.
„CURRENT MODE“	LED leuchtet, wenn die Betriebsart „Strommode“ gewählt wurde.
„INTERLOCK“	LED leuchtet, wenn bei laufendem Betrieb zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet wird.



„0“	LED leuchtet, wenn Eingangs- und Ausgangsspannung die gleiche Phasenlage haben.
„180“	LED leuchtet, wenn Ein- und Ausgangsspannung eine Phasenverschiebung von 180° besitzen.
„DISTORTION“	LED leuchtet, wenn das Ausgangssignal den zulässigen Wert (Spannung) überschreitet.
„OVERTR. CONTROL“	Displaytext leuchtet auf, wenn der max. mögliche Schwingweg des Shakers überschritten wird
„AIR CONTROL“	Displaytext leuchtet auf, wenn das Kühlluftgebläse nicht arbeitet oder der Verbindungsschlauch Shaker-Lüfter nicht montiert ist.

3.1.2. Current Limit

Mit Hilfe des Potentiometers „CURRENT LIMIT“ kann der maximal zulässige Ausgangsstrom des Verstärkers begrenzt werden. (Einstellbereich zwischen 1A und 18 A)

3.1.3. V/C Mode

Der Schalter „V/C MODE“ erlaubt ein Umschalten zwischen den beiden Betriebsarten Spannungsmode (konstante Ausgangsspannung) und Strommode (konstanter Ausgangsstrom).

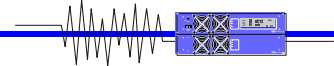
Ein Wechseln der Betriebsarten darf nur bei Linksstellung des Gain-Reglers erfolgen!

Wird dies nicht beachtet, kann es zur Zerstörung des Verstärkers kommen. (LED „INTERLOCK“ leuchtet auf).

3.1.4. Phase

Der Schalter „PHASE“ erlaubt eine Änderung der Phasenlage zwischen Eingangs- und Ausgangssignal.(0°/180°)

Ein Wechseln der Phasenlage darf nur bei Linksstellung des Gain-Reglers erfolgen!



3.1.5. Power

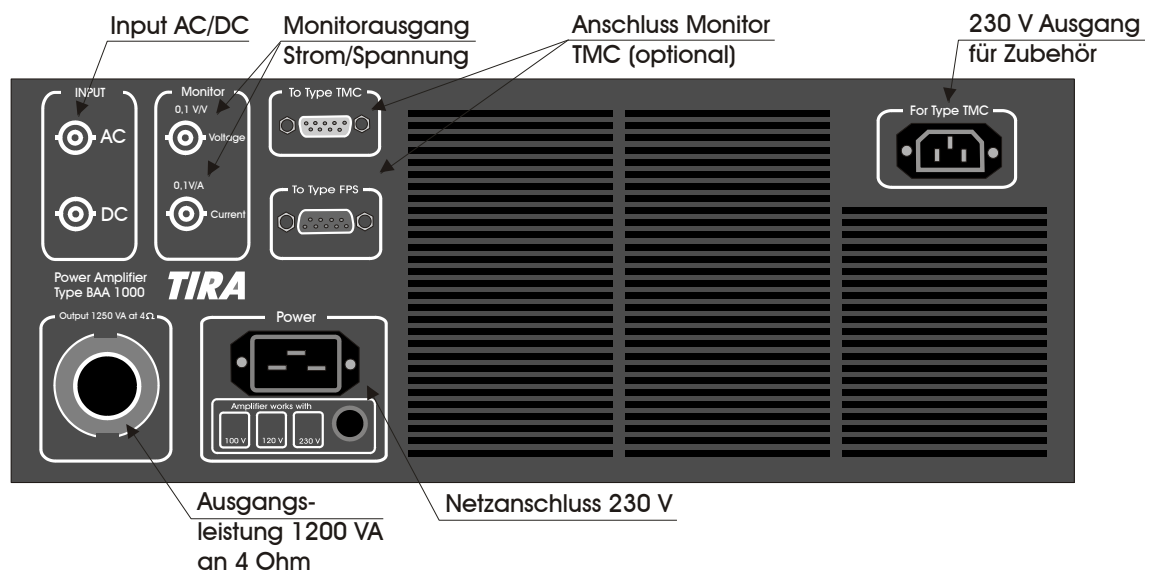
Mit Hilfe des Schalters „POWER“ wird der Verstärker ein bzw. ausgeschaltet.

3.1.6. Variable Gain

Durch Drehen des Gain-Potentiometers nach rechts wird der Verstärker bei anliegendem Eingangssignal angesteuert.

Das Rücksetzen einer Fehlermeldung erfolgt durch Linksdrehen des Potentiometers bis zum Anschlag.

3.2. Rückseite



3.2.1. Input „AC“

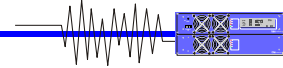
An die BNC-Buchse „AC“ erfolgt der Anschluss eines Reglers oder Sinusgenerators. Gleichspannungsanteile des Eingangssignals (Offset) werden abgeblockt.

Maximale Eingangsspannung: $5V_{\text{eff}}$

3.2.2. Input „DC“ (optional)

An die BNC-Buchse „DC“ kann optional ebenfalls der Anschluss eines Reglers oder Sinusgenerators erfolgen. Hier werden jedoch DC-Anteile des Eingangssignals mit verstärkt.

Der Ausgangsstrom ist bei DC-Betrieb auf ca. 5-6 A begrenzt. Wird dieser Wert überschritten, schaltet die Endstufe zum Schutz vor Überhitzung bzw. Zerstörung ab.



3.2.3 Monitorausgänge

An den Monitorausgängen können Strom und Spannung separat gemessen werden.

Übertragungsfaktor Strom: **0,1V/A**
Übertragungsfaktor Spannung: **0,1V/V**

3.2.4. Output

Die vierpolige Speakon-Buchse dient zum Anschluss des Schwingerregers an den Verstärker BAA 1000.

3.2.5. Main Power

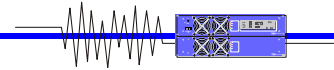
Hier erfolgt der Netzanschluss des Verstärkers über ein dreiadriges Netzkabel mit 230V /50Hz Netzspannung.

Der Verstärker ist weiterhin für den Betrieb an folgenden Spannungen vorbereitet:

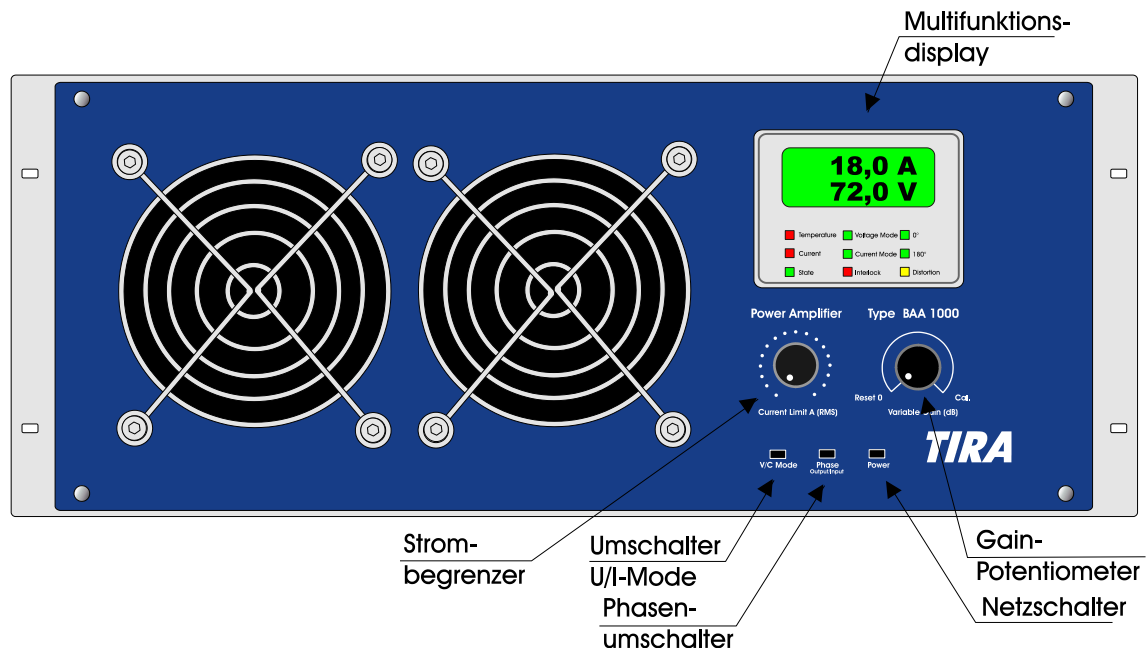
100V

120V

Auslieferungszustand: 230V



4. BEDIENUNG



Es ist ein externer Signalgenerator oder Regler an der „AC“-Input -Buchse auf der Rückseite des Leistungsverstärkers anzuschließen (**maximale Eingangsspannung 5,0 V_{eff}**). Das **Amplitudenpotentiometer** auf der Frontplatte des Leistungsverstärkers ist **auf Linksanschlag** zu stellen.

Mit Hilfe der Schalter „V/C Mode“ und „Phase“ die jeweils gewünschte Betriebsart und Phasenlage wählen.

Nach Herstellung aller notwendigen Verbindungen und Bereitstellung des Netzanschlusses am Leistungsverstärker kann die Schwingprüfanlage mittels des Netzschalters an der Frontseite des Leistungsverstärkers eingeschaltet werden. Nach ca. 5 s ist die Schwingprüfanlage betriebsbereit.

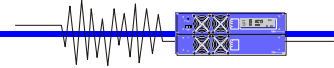
Durch Drehen des Amplitudenpotentiometers nach rechts wird die Schwingprüfanlage angesteuert.

Tritt ein Fehler im Verstärker oder Shaker auf, wird dies durch die entsprechende LED oder als Text im Multifunktionsdisplay signalisiert.

Das Rücksetzen einer angesprochenen Schutzfunktion (Verstärker schaltet ab) erfolgt durch Drehen des Amplitudenpotentiometers nach links bis zum Anschlag und einem erneuten Rechtsdrehen desselben.

Wichtig!

Vor dem Einschalten ist sicher zu stellen, dass das Gain-Potentiometer auf Linksanschlag steht ! Andernfalls kann es zu Schäden am Schwingerreger durch den hohen Einschaltstrom kommen.



5. KÜHLUNG

Wärmeabführung durch Druckluftkühlung mit internem Gebläse. Wärmeableiter sind durch wärmeempfindliche Schalter geschützt.

Wenn der Verstärker Nennleistung an die Ohm'sche Nennbelastung anlegt, beträgt die mittlere Wärmeabstrahlenergie 30 W.

5.1. Umweltbedingungen

Umgebungstemperatur	5 bis 40°C
Luftfeuchtigkeit	0 bis 95%

5.2. Schallpegel

Bei maximaler Leistungsabgabe an eine Ohm'sche Nennbelastung liegt der in 2 m Entfernung vom Verstärker gemessene Geräuschpegel bei einer Signalfrequenz von 1000 Hz bei 47 dB(A).

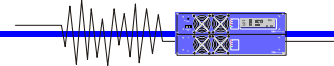
6. INSTALLATION

6.1. Anordnung des Verstärkers

Bei Erhalt des Verstärkers wird der Kunde gebeten, die Geräte sofort visuell auf Transportschäden zu prüfen.

Vor Anschluss an das Stromnetz sind **UNBEDINGT** folgende Aufstellanweisungen in Bezug auf den Aufstellort und die Stromversorgung zu beachten.

Um zu gewährleisten, dass die Verstärkerkühlung richtig funktionieren kann, muss unbedingt ein Abstand von ca. 10 cm an Vorder- und Rückfront zu anderen Geräten vorhanden sein. Unter keinen Umständen dürfen Gegenstände den Kühlluftstrom blockieren.



6.2. Elektrische Anschlüsse

Elektrische Stromversorgung: 1,5 m Dreileiterkabel zum Anschluss an eine einphasige 50/60 Hz Stromversorgung.
Strom-Nulleiter-Erde
Erforderlicher Anschluss: 230 V einphasig 50/60 Hz
Interne Eingangssicherung: 10 A
Erforderliche externe Absicherung: 16 A träge

7. SERVICE UND REPARATUR

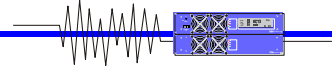
Der BAA 1000 ist wartungsfreundlich konzipiert, es ist jedoch zu betonen, dass die Wartung nur den entsprechend qualifizierten Kundendiensttechnikern von **TIRA** anzuvertrauen ist. Regelmäßige Wartung ist an und für sich nicht notwendig, aber eine Sichtkontrolle von Zeit zu Zeit empfiehlt sich schon als vorbeugende Maßnahme.

Wenn ein Fehler auftritt, empfiehlt es sich, alle Anschlüsse am Verstärker auf Kurzschlüsse bzw. fehlenden Durchgang zu prüfen und alle Sicherungen zu kontrollieren. Wenn der Fehler dann immer noch nicht festzustellen ist, muss der Verstärker zur Reparatur an **TIRA** eingeschickt werden.

Bei technischen Fragen oder Problemen rufen Sie unsere Service Hotline an:

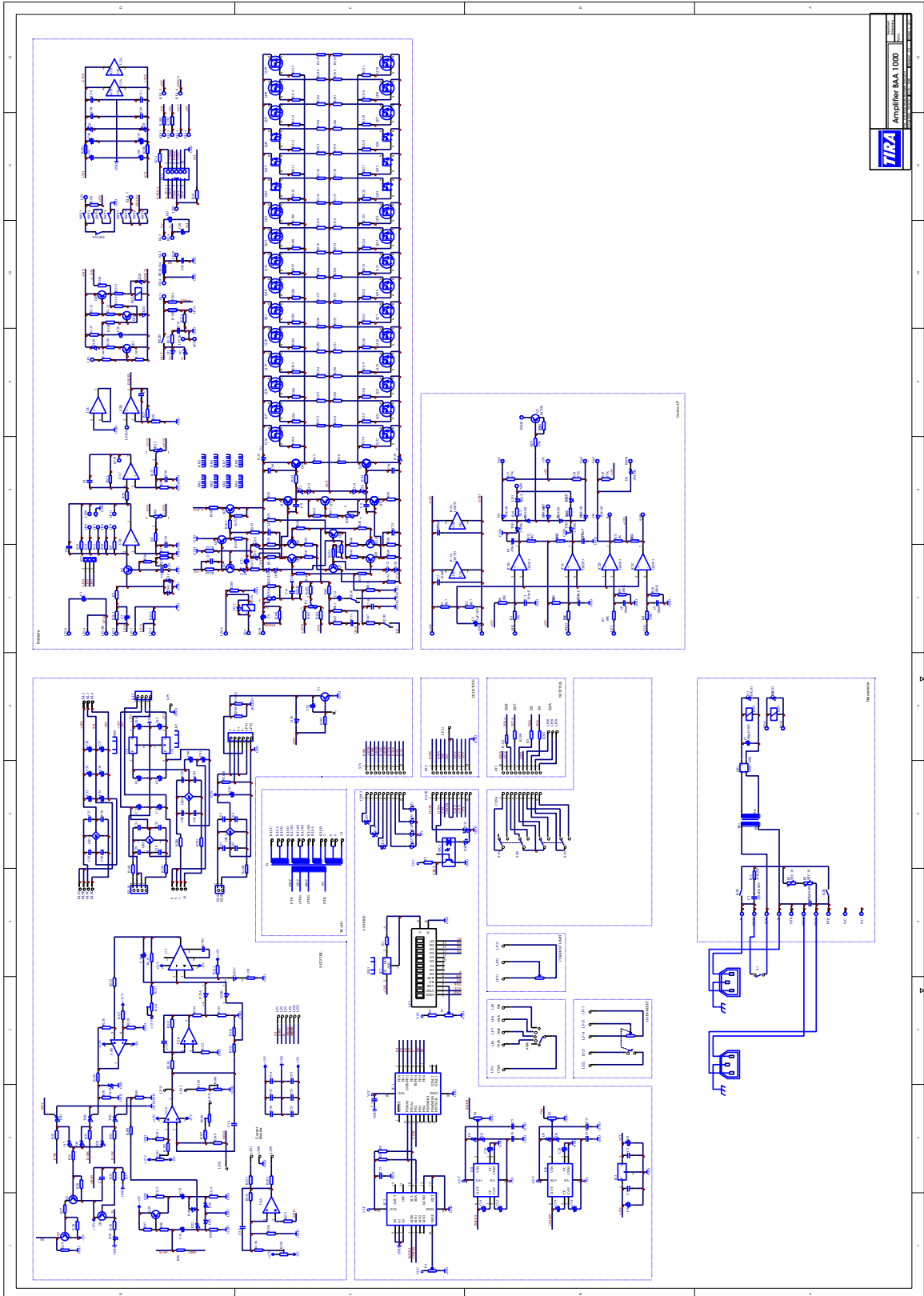
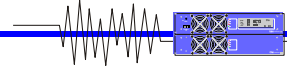
+49 3 67 66 280-88

Mo-Fr 7 - 18 Uhr



8. Anlagen

- Stromlaufplan Endstufe



TIRA
Amplifier BAA 1000

TECHNISCHE PARAMETER Kühlgebläse TB 0140

Volumenstrom	max. 140 m ³ /h
Gesamtdruckdifferenz	max. 150 mbar
Leistung	1,1 kW
Frequenz	50 Hz
Schlauchdurchmesser	40 mm
Schlauchlänge (Std.)	3 m
Gewicht	16 kg
Maße (BxHxT)	286 x 302 x 292 mm
Schalldruckpegel	max. 63 dB(A)
Stromversorgung (Standard)	1 ~ / N / PE 230 V ±5% 50 Hz SCHUKO-Stecker
Max. Leistungsaufnahme bei 230 V	1,4 kVA

Optional:

Schalldämpfer TB 0140-SI (Schallreduktion bis zu 5 dB(A))

Maße (LxD): 308x82 mm

Gewicht: 0,2 kg

Schallschutzkammer TB 0140-AE (Schallreduktion 15 - 23 dB(A))

Maße (BxHxT): 795x841x699 mm

Gewicht: 45 kg

Schlauchlänge nach Kundenwunsch (bis 10 m)

III Sensoren

Kraftsensor PCB 208 C02

Beschleunigungssensor Brüel & Kjær 4370

Verstärkungsmodul M32

Ladungsvorverstärker IEPE 100

Model Number
208C02

ICP® FORCE SENSOR

Revision: H
ECN #: 34989

Performance

Sensitivity(± 15 %)
Measurement Range(Compression)
Measurement Range(Tension)
Maximum Static Force(Compression)
Maximum Static Force(Tension)
Broadband Resolution(1 to 10,000 Hz)
Low Frequency Response(-5 %)
Upper Frequency Limit
Non-Linearity

ENGLISH
50 mV/lb
100 lb
100 lb
600 lb
500 lb
0.001 lb-rms
0.001 Hz
36,000 Hz
≤ 1 % FS

SI
11.241 mV/kN
0.4448 kN
0.4448 kN
2.669 kN
2.224 kN
0.004 N-rms
0.001 Hz
36,000 Hz
≤ 1 % FS

[1]
[2]
[3]
[4]

Environmental

Temperature Range
Temperature Coefficient of Sensitivity

-65 to +250 °F
≤ 0.05 %/°F

-54 to +121 °C
≤ 0.09 %/°C

Electrical

Discharge Time Constant(at room temp)
Excitation Voltage
Constant Current Excitation
Output Impedance
Output Bias Voltage
Spectral Noise(1 Hz)
Spectral Noise(10 Hz)
Spectral Noise(100 Hz)
Spectral Noise(1000 Hz)
Output Polarity(Compression)

≥ 500 sec
20 to 30 VDC
2 to 20 mA
≤ 100 Ohm
8 to 14 VDC
0.000135 lb/√Hz
0.000276 lb/√Hz
0.000096 lb/√Hz
0.0000021 lb/√Hz
Positive

[1]
[1]
[1]
[1]
[1]

Physical

Stiffness
Size (Hex x Height x Sensing Surface)
Weight
Housing Material
Sealing
Electrical Connector
Electrical Connection Position
Mounting Thread
Mounting Torque(Recommended)

6 lb/μin
0.625 in x 0.625 in x 0.500 in
0.80 oz
Stainless Steel
Hermetic
10-32 Coaxial Jack
Side
10-32 Female
16 to 20 in-lb

[1]
15.88 mm x 15.88 mm x 12.7 mm
22.7 gm
Stainless Steel
Hermetic
10-32 Coaxial Jack
Side
Not Applicable
181 to 226 N-cm

OPTIONAL VERSIONS

Optional versions have identical specifications and accessories as listed for the standard model except where noted below. More than one option may be used.

N - Negative Output Polarity

W - Water Resistant Cable

NOTES:

- [1] Typical.
- [2] Calculated from discharge time constant.
- [3] Estimated using rigid body dynamics calculations.
- [4] Zero-based, least-squares, straight line method.
- [5] See PCB Declaration of Conformance PS023 for details.

SUPPLIED ACCESSORIES:

- Model 080A81 Thread Locker (1)
- Model 081B05 Mounting Stud (10-32 to 10-32) (2)
- Model 084A03 Impact Cap (1)
- Model M081A62 Mounting stud, 10-32 to M6 x 1, BeCu with shoulder (2)

Entered:

Engineer: MJK

Sales: KWW

Approved:

Spec Number:

Date:

Date: 2/11/2011

Date: 2/11/2011

Date:

8467



[5]

All specifications are at room temperature unless otherwise specified.
In the interest of constant product improvement, we reserve the right to change specifications without notice.
ICP® is a registered trademark of PCB Group, Inc.



3425 Walden Avenue, Depew, NY 14043

Phone: 716-684-0001
Fax: 716-684-0987
E-Mail: info@pcb.com

Calibration Chart for Accelerometer Type 4370

Brüel & Kjær



Nærum Denmark

Serial No. 984514

Reference Sensitivity at 50 Hz, 100 ms⁻²

and 23 °C

Charge Sensitivity* 10.09 pC/ms⁻² or 9.88 pC/g

Voltage Sensitivity* (incl. AO 0038)

8.52 mV/ms⁻² or 83.4 mV/g
(Voltage Preamp. Input Capacitance: 3.5 pF)

Capacitance (incl. cable) 118.5 pF

Capacitance of Extension Cable AO 0038 10.8 pF

Maximum Transverse Sensitivity

(at 30 Hz, 100 ms⁻²) 2.2 %

Typical Undamped Natural Frequency 25 kHz

Typical Transverse Resonance Frequency, using Calibration Exciter 4290, with accelerometer mounted on a titanium cube by a 10 - 32 UNF-2A steel stud, mounting torque 1,8 Nm and greased surfaces:

..... 4 kHz

Polarity is positive on the center of the connector for an acceleration directed from the mounting surface into the body of the accelerometer

Resistance minimum 20.000 MΩ at room temperature

Date 5-5-82 Signature J.A.

1 g = 9,807 ms⁻² or 10 ms⁻² = 1,02 g

* This calibration is traceable to the National Bureau of Standards Washington D.C.

BC 0100

Environmental:
Humidity: Welded, Sealed
Temperature Range: -74 to +250°C (-100 to +482°F)
Max. Shock Acceleration: 20 kms⁻² peak
Typical Magnetic Sensitivity (50 Hz - 0,03 T): 1,2 ms⁻²/T

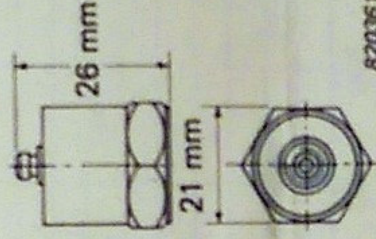
Typical Acoustic Sensitivity: 0,001 ms⁻² at 154 dB SPL (2 - 100 Hz)

Typical Base Strain Sensitivity (at 250 με in base plane): 0,003 ms⁻²/με

Typical Temperature Transient Sensitivity (3 Hz LLF): 0,08 ms⁻²/°C

Specifications obtained in accordance with ANSI S2.11-1969

Physical:



820361

Electrical Connector:
Coaxial 10 - 32 UNF-2A

Material: Stainless Steel, AISI 316
Piezoelectric Material: PZ23

Weight: 54 gram

Construction: Delta Shear

Mounting Thread: 10 - 32 UNF-2B

Mounting Stud: 10 - 32 UNF-2A x13 mm, steel

Mounting Surface Flatness: <3 μm

Mounting Torque: Normal 1,8 Nm. Min. 0,5 Nm.

Max. 3,5 Nm

Seismic Mass: 25 gram

Center of Gravity of Seismic Mass: 12,3 mm from mounting surface on central axis

Center of Gravity of Accelerometer: 9,7 mm from mounting surface on central axis

For further information see B & K "Piezoelectric Accelerometer and Preampfier" handbook

Pat. DK 131401



Instruction Manual

IEPE Conditioning Module M32

Application

The IEPE Conditioning Module M32 is a signal conditioner for transducers with IEPE compatible output. It provides the necessary power supply for the electronic circuit of the sensor. The unit features 3 gain ranges and a plug-in low pass filter. The M32 can be used as a front end for PC based data acquisition systems. It can be combined with the IEPE Supply Module M28. The M32 is suited for both benchtop applications and DIN rail attachment in switch cabinets. The wide supply voltage range of the M32 allows power supply from external batteries, from the available mains plug adapter or from an industrial 24 VDC supply.

What is IEPE?

IEPE is a well-established standard for the output of piezoelectric transducers and microphones. It stands for "Integrated Electronics Piezo Electric". Other brand names for the same principle are ICP[®], Isotron[®], Delta-tron[®], Piezotron[®] etc. The integrated circuit of the sensor transforms the charge signal of the piezo-ceramic sensing element, with its very high impedance and high EMI sensitivity, into a voltage signal with low impedance.

A special feature of the IEPE electronics is that power supply and measuring signal are transmitted via the same cable. So, an IEPE transducer requires, like a transducer with charge output, only one single-ended shielded cable.

Figure 1 shows the principle circuit diagram. The integrated sensor electronics is supplied with constant current. This should not be confused with a 4-20 mA current loop. The constant current I_{const} is fed into the signal cable of the sensor. A de-coupling capacitor keeps DC components away from the signal conditioning circuit.

The constant current supply and de-coupling capacitor are part of the M32.

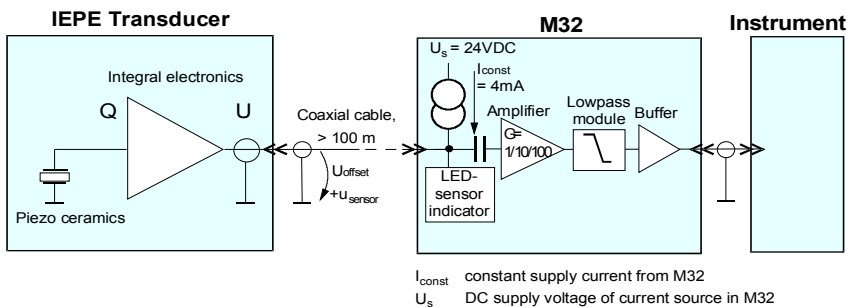


Figure 1: IEPE principle and functional diagram of the M32

By supplying the sensor with constant current a positive DC offset voltage arises at the sensor output. This DC voltage depends on the manufacturer and the specimen and reaches 5 V to 14 V. Round this bias voltage the measuring signal of the transducer may oscillate. The output voltage of the transducer never changes to negative values. Its minimum value is the saturation voltage of the integrated electronics (about 1V). The maximum value of the output voltage is limited by the supply voltage of the constant current source (24 VDC with the M32). Figure 2 shows the dynamic range of the transducer. The output of the M32 is free of DC components. It provides the unaltered AC sensor output signal.

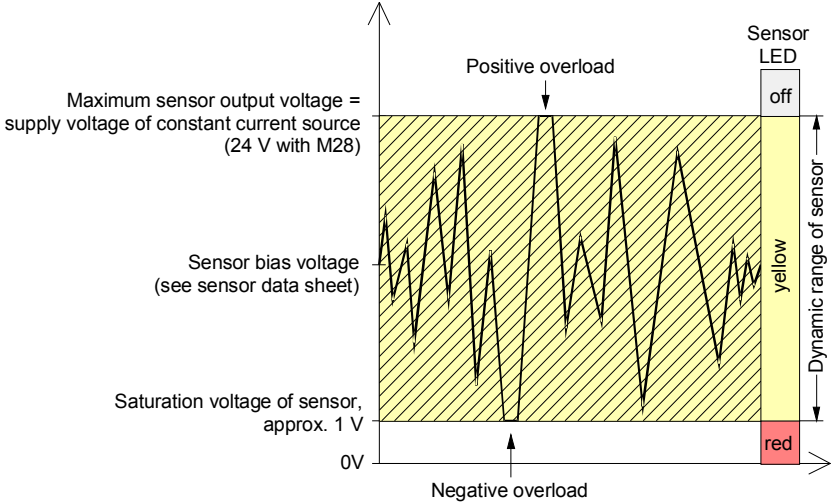


Figure 2: Dynamic range of IEPE sensors

Description

The IEPE Conditioning Module M32 (Figure 3) contains the electronic circuit for supplying one sensor. For multichannel applications additional M28 modules can be plugged into one another by means of screwed in banana plugs at the side wall of the instrument. These plugs connect the power supply voltage to all modules.

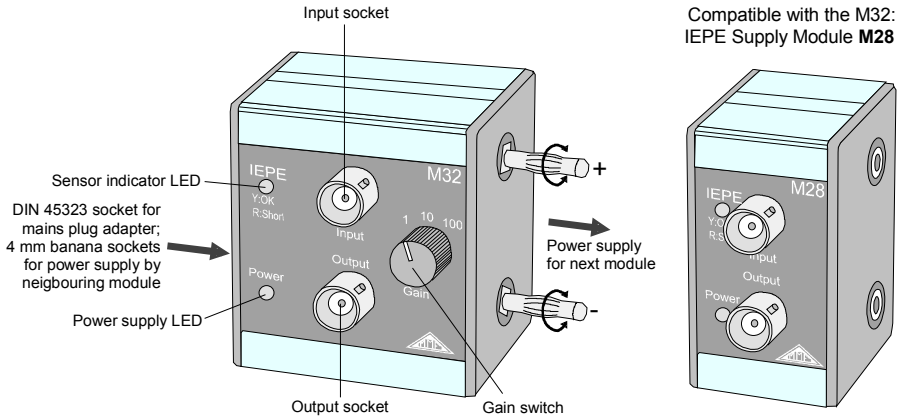


Figure 3: Functions of the M32

The M32 requires for operation a supply voltage between 5 and 26 VDC. It can be powered, for example, by:

- Industrial 24 VDC supplies
- The optionally available mains plug adapters **PS500** (for one M32) and **PS1000** (for up to 3 units M32)
- Batteries with more than 5 VDC
- PC or USB voltage (5 or 12 VDC)

The operating voltage is connected via a circular power connector to DIN 45323 on the left side of the M32. The tip (inner conductor) is the positive terminal. Alternatively the two banana sockets on the left side of the case can be used for power supply. Their polarity is shown in Figure 3. A green „Power“ LED indicates the connected supply voltage.

The M32 is protected against false polarization and line transients up to 60 V. Insulation between power supply and measuring signal is provided.

A supply voltage of 24 VDC for the constant current source is internally generated. This voltage is sufficient for an optimal dynamic range with all available IEPE compatible transducers. The constant current of the M28 is approximately 4 mA.

An LED sensor status indicator informs the user of the following conditions: (compare Figure 2):

- LED off: No sensor connected or sensor circuit interrupted.
- LED yellow: Sensor connected properly with bias voltage between 1 and 24 VDC.
- LED red: Input shorted, voltage below 1 VDC.

The gain of the M32 can be selected by a rotary switch between 1, 10 and 100.

The M32 is suited for measurements with piezoelectric transducers from 0.1 Hz to 30 kHz. Thus seismic measurements at low frequencies with accelerometers or quasi static pressure and force measurements can be performed. Also shock measurements involving high frequencies and amplitudes are possible with the M32.

The M32 has a replaceable low pass filter module type **FB2-...** with 4th order Butterworth characteristics. Metra offers a variety of filter modules with cut-off frequencies between 100 Hz and 30 kHz. By unscrewing the rear panel and sliding it off the filter module becomes visible (Figure 5). Before replacing the filter, the power supply must be unplugged. Please make sure that the marking “Pin 1” is in the same position as the marking on the PCB. The frequency label supplied with the filter module can be attached to the blank field at the rear panel.

The M32 is well suited for 35 mm DIN rail attachment (Figure 4). For this purpose the adapter **M28+32DIN** is available. The adapter base is mounted on the M32 by 2 screws M2.5. Two tapped holes are provided at the rear of the instrument. As second step the DIN rail bracket is attached by one screw M3.

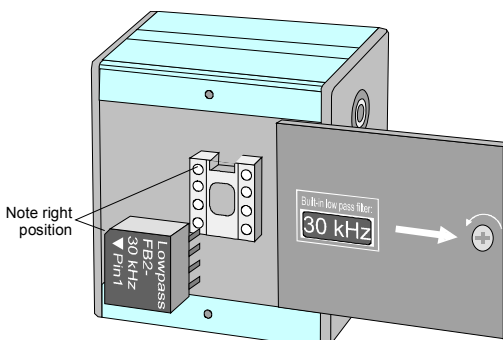


Figure 5: Replacing the filter module

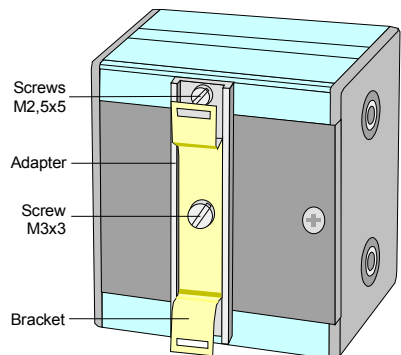


Figure 4: DIN rail adapter M28+32DIN

Technical Data

Input / output:	BNC sockets
Output circuit:	DC coupled; impedance approx. 100 Ω
Dynamic range:	± 10 V
Constant current source:	3.8 .. 5.6 mA, compliance voltage >24 V
IEPE sensor indicator:	Bicolor LED; off = open input; yellow = 1 .. 24 V = OK; red = shorted
Gain ranges:	1 / 10 / 100 ± 1 % typically; ± 2 % maximum
Output noise:	< 1 mV _{rms} with 30 kHz low pass
Frequency range (- 3 dB):	0.1 Hz .. 30 kHz (depending on lowpass module)
Low pass filter:	Plug-in module FB2-... ; Butterworth; 4 th order; attenuation > 70 dB/decade available frequencies (-3 dB): FB2 - 0.1 / 0,3 / 1 / 3 / 5 / 10 / 30 kHz
Power supply:	U _S = 5 .. 26 VDC; < 200 mA; insulated from signal path; via DIN 45323 circular power connector (positive terminal at tip) or two banana plugs
Case:	Aluminum, connected to negative terminal of power supply
Included accessories:	2 screw-in banana plugs for power supply connection with other modules
Optional accessories:	PS500: mains plug adapter for 100 .. 240 VAC; 12 VDC / 500 mA sufficient for one unit M32 PS1000: mains plug adapter for 100 .. 240 VAC; 12 VDC / 1000 mA sufficient for up to 3 units M32 M28+32DIN: 35 mm DIN rail adapter
Operating temperature:	-10 .. 55 °C; 95 % relative humidity; no condensation
Weight:	170 g
Dimensions (W x H x D):	56 mm x 59 mm x 44 mm

Limited Warranty

Metra warrants for a period of
24 months

that its products will be free from defects in material or workmanship and shall conform to the specifications current at the time of shipment.

The warranty period starts with the date of invoice.

The customer must provide the dated bill of sale as evidence.

The warranty period ends after 24 months.

Repairs do not extend the warranty period.

This limited warranty covers only defects which arise as a result of normal use according to the instruction manual.

Metra's responsibility under this warranty does not apply to any improper or inadequate maintenance or modification and operation outside the product's specifications.

Shipment to Metra will be paid by the customer.

The repaired or replaced product will be sent back at Metra's expense.



Declaration of Conformity

Product: IEPE Conditioning Module

Model: M32

It is hereby certified that the above mentioned product complies with the demands pursuant to the following standards:

- EN 50081-1
- EN 50082-1

Responsible for this declaration is the producer
Metra Mess- und Frequenztechnik in Radebeul e.K.

Meißner Str. 58
D-01445 Radebeul

Declared by
Michael Weber
Radebeul, 2nd of July, 1999



Bedienungsanleitung

Ladungsvorverstärker

IEPE100



Verwendungszweck

Der IEPE100 ist ein Ladungsverstärker für piezoelektrische Sensoren mit Ladungsausgang. Dies können neben Beschleunigungsaufnehmern auch Kraft- oder Druckaufnehmer sein.

An seinem Ausgang stellt der IEPE100 ein IEPE-kompatibles Signal bereit.

Sensoren mit Ladungsausgang kommen in Fällen zum Einsatz, wo sie solchen mit den IEPE-Ausgang überlegen sind. Das können zum Beispiel Messungen bei hohen Temperaturen, Stoßmessungen mit sehr hoher Dynamik oder Anwendungen mit besonderen Anforderungen an geringe Baugröße und Masse sein.

Die Schaltung des IEPE100 setzt das sehr hochimpedante und stöempfindliche Ladungssignal des Piezoelements in ein Spannungssignal mit niedriger Impedanz um. Dieses lässt sich wesentlich unkomplizierter weiterleiten und verarbeiten.

Die Abkürzung IEPE steht für „Integrated Electronics Piezo Electric“ und ist ein weit verbreiteter Standard für das Ausgangssignal von piezoelektrischen Sensoren und Mikrofonen. Herstellerspezifische Bezeichnungen für das gleiche Prinzip sind auch ICP®, CCLD, Isotron®, Deltatron® und Piezotron®.

Funktion

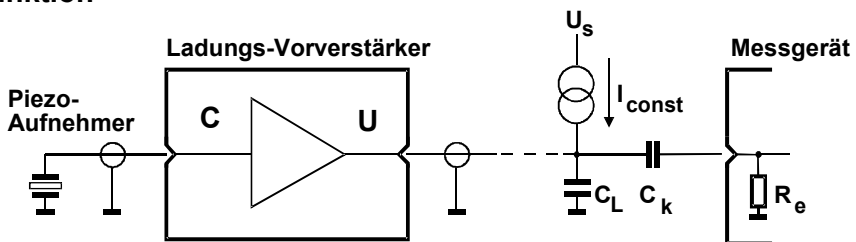


Bild 1: Funktionsprinzip

Bild 1 zeigt den Aufbau einer Messkette mit dem IEPE100. Das Signal des Keramik- oder Quarz-Sensorelements gelangt über ein störarmes Spezialkabel an den Eingang des Ladungsvorverstärkers. Dieser verstärkt es und setzt es in ein niederimpedantes IEPE-Ausgangssignal um.

Eine Besonderheit des IEPE-Prinzips besteht darin, dass die Versorgungsenergie des Verstärkers und sein Ausgangssignal über die gleiche Leitung übertragen werden. Somit genügt eine einfache geschirmte Signalleitung, an die keine besonderen Anforderungen gestellt werden. Leitungslängen von einigen hundert Metern sind zulässig.

Die Versorgung des IEPE-Vorverstärkers erfolgt mit Konstantstrom, welcher der Messleitung aufgeprägt wird. Über dem Ausgang des IEPE100 bildet sich bei Speisung mit Konstantstrom eine positive Gleichspannung von ca. 13 V. Um diese Arbeitspunktspannung kann das Messsignal mit einer Amplitude von ± 5 V schwingen.

In Bild 1 ist U_s die Versorgungsspannung der Konstantstromquelle, welche mindestens 20 V betragen sollte. C_L ist die Kabelkapazität. Der Kondensator C_k entkoppelt den Gleichanteil des Vorverstärkerausgangs vom nachfolgenden Messgerät. Damit steht ein niederimpedantes, gleichspannungsfreies Messsignal zur Verfügung, das mit Standardmesstechnik, z.B. Analysatoren, Datenloggern oder Oszilloskopen weiterverarbeitet werden kann.

Viele Messgeräte besitzen bereits IEPE-kompatible Eingänge mit integrierter Konstantstromquelle und Kopplungskondensator. Ebenso eignen sich zur Konstantstromversorgung und Signalauskopplung das Versorgungsgerät M28 oder die Messverstärker M32, M68 oder M208 von Metra (Bild 2).



Bild 2: IEPE-Messverstärker von Metra

Die Ausgangsspannung einer Messkette aus Beschleunigungsaufnehmer und Vorverstärker ist das Produkt aus Beschleunigung (a), Ladungsübertragungsfaktor des Aufnehmers (B_{qa}) und Übertragungsfaktor des Vorverstärkers (B_{uq}):

$$U_a = a * B_{ua} * B_{uq}$$

Einstellung der Verstärkung

Der IEPE100 verfügt über drei Verstärkungen bzw. Übertragungsfaktoren:

Verstärkung 1: 0,1 mV/pC

Verstärkung 2: 1 mV/pC

Verstärkung 3: 10 mV/pC

Damit eignet er sich gleichermaßen für die Messung von Stößen mit hohen Amplituden und empfindliche Vibrationen. Die Umschaltung erfolgt mit 6 DIP-Schaltern im Inneren des Gehäuses (Bild 3). Entfernen Sie zunächst den Gehäusemantel durch Lösen einer Schraube. In der Mitte der Leiterplatte sehen Sie einen Block mit 6 Schiebeschaltern. Die Einschaltichtung ist mit „ON“ markiert.

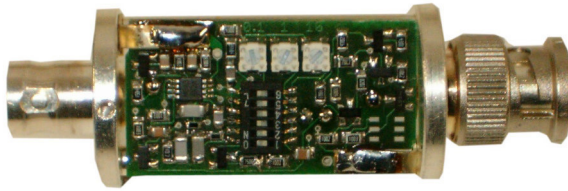


Bild 3: Offenes Gehäuse mit den DIP-Schaltern zur Wahl der Verstärkung

Die Verstärkungen werden wie folgt gewählt:

Schalter Nr.	1	2	3	4	5	6
0,1 mV/pC	ON	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
1 mV/pC	OFF	ON	OFF	OFF	ON	OFF
10 mV/pC	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	ON

Alle anderen Schaltkombinationen führen zu undefinierten Betriebszuständen.

Auf dem Gehäuseetikett können Sie die eingestellte Verstärkung mit einem wischfesten Filzstift markieren.

Hinweis: Die drei Einstellregler dienen zum Abgleich der Verstärkungen und dürfen nur im Rahmen einer Kalibrierung verstellt werden.

Anschluss

Eingang und Ausgang arbeiten massebezogen. Beide Masseanschlüsse sind über das Gehäuse verbunden.

Der Anschluss des Sensors an den Vorverstärker erfolgt über eine BNC-Buchse. Da es sich um einen empfindlichen Ladungseingang handelt, darf nur störarmes Spezialkabel eingesetzt werden. Geeignete störarme Sensorkabel von Metra sind:

Typ	Sensorstecker	Maximaltemperatur	Kabeldurchmesser	Kabellänge
009-UNF-BNC-1,5	UNF10-32 (Microdot)	120 °C	2,1 mm	1,5 m
010-UNF-BNC-5	UNF10-32 (Microdot)	120 °C	2,7 mm	5 m
010-UNF-BNC-10	UNF10-32 (Microdot)	120 °C	2,7 mm	10 m
009-SUB-BNC-1,5	Subminiatur M3	120 °C	2,1 mm	1,5 m
010-TNC-BNC-1,5	TNC	120 °C	2,7 mm	1,5 m

Bei anderen Koaxialkabeln ist die Wirkung des Schirmgeflechts gegen elektromagnetische Felder oft unzureichend und bei mechanischer Beanspruchung, z.B. durch Biegebewegung, kann als Folge des sogenannten triboelektrischen Effekts ein Störsignal die Messung beeinträchtigen. Bei störarmen Kabeln wird dieser Effekt durch eine Leitplastikbeschichtung auf dem Dielektrikum minimiert.

Wichtig:

- Das Sensorkabel sollte in jedem Fall möglichst kurz gehalten werden. Längen über 10 m sind nicht zu empfehlen.
- Verschmutzungen der Ladungseingangsbuchse müssen vermieden werden.

Das Kabel zum Messgerät kann hingegen mehrere hundert Meter lang sein. Der Anschluss an den Vorverstärker erfolgt über einen BNC-Stecker. Falls das Kabel ebenfalls Stecker hat, ist eine BNC-Kupplung zu verwenden. Es eignen sich gewöhnliche Koaxialkabel. Zu beachten ist bei der Wahl des Kabels, dass die Innenkapazität nicht zu hoch ist. Bei den von Metra angebotenen Kabeln liegt sie bei etwa 100 pF je Meter. Mit großen Kabelkapazitäten reduziert sich die Aussteuerbarkeit zu höheren Frequenzen hin. Durch Erhöhung des Konstantstroms lässt sich die Aussteuerbarkeit wieder vergrößern. So ist zum Beispiel bei einer Kabelkapazität von 20 nF (ca. 200 m Länge) die volle Aussteuerbarkeit von ± 6 V über 20 kHz nur noch mit 20 mA Konstantstrom erreichbar.

Technische Daten

Eingang	Ladungseingang, BNC-Buchse
Ausgang	IEPE-kompatibler Spannungsausgang, BNC-Stecker
Verstärkungen	0,1 / 1 / 10 mV/pC \pm 2 %, wählbar mit DIP-Schaltern
Lebensdauer der DIP-Schalter	> 2000 Schaltvorgänge
Ausgangsspannung*	> \pm 5V
Messbereiche*	\pm 500 pC / \pm 5000 pC / \pm 50 000 pC
IEPE-Versorgung	Konstantstrom 4 bis 20 mA, Quellenvorspannung > 20 V
Änderung der Verstärkung mit dem Konstantstrom	\pm 0,8 % von 4 bis 20 mA
Frequenzbereich*	0,6 Hz bis 23 kHz (- 5 %) 0,3 Hz bis 33 kHz (-10 %) 0,2 Hz bis 65 kHz (-3 dB)
Ausgangsimpedanz	< 100 Ω
Rauschspannung am Ausgang*	< 50 μ V; Effektivwert 0,1 Hz bis 50 kHz
Arbeitspunktspannung	11 bis 16 V, abhängig von Konstantstrom und Temperatur
Überspannungsfestigkeit am Eingang	50 V Impuls
Arbeitstemperaturbereich	-40 bis 80 °C
Temperaturkoeffizient der Verstärkung	-0,02 %/K

*gemessen mit 1 nF Sensorkapazität und 1 nF Kabelkapazität bei 4 mA Konstantstrom

Garantie

Metra gewährt auf dieses Produkt
eine Herstellergarantie von

24 Monaten.

Die Garantiezeit beginnt mit dem Rechnungsdatum.
Die Rechnung ist aufzubewahren und im Garantiefall vorzulegen. Die Garantiezeit endet nach Ablauf von 24 Monaten nach dem Kauf, unabhängig davon, ob bereits Garantieleistungen erbracht wurden.

Durch die Garantie wird gewährleistet, dass das Gerät frei von Fabrikations- und Materialfehlern ist, die die Funktion entsprechend der Bedienungsanleitung beeinträchtigen.

Garantieansprüche entfallen bei unsachgemäßer Behandlung, insbesondere Nichtbeachtung der Bedienungsanleitung, Betrieb außerhalb der Spezifikation und nicht autorisierte Eingriffe.

Die Garantie wird geleistet, indem nach Entscheidung durch Metra Teile oder das Gerät ausgetauscht werden.

Die Kosten für die Versendung des Gerätes an Metra trägt der Erwerber.

Die Kosten für die Rücksendung trägt Metra.



Konformitätserklärung

Produkt: Ladungsvorverstärker

Typ: IEPE100

Hiermit wird bestätigt, dass das oben genannte Produkt den folgenden Anforderungen entspricht:

DIN EN 61010-1: 2002 (Sicherheit)
DIN EN 61326-1: 2006 (EMV-Anforderungen)

Diese Erklärung wird verantwortlich
für den Hersteller

Metra Mess- und Frequenztechnik
in Radebeul e.K.

Meißner Str. 58, D-01445 Radebeul
abgegeben durch

Michael Weber
Radebeul, 3. April 2012

IV NI-Komponenten

Connector Box SCB-68A

Steuerkarte NI-PXIe 6358

Chassi NI-PXIe 1073

Specifications

This appendix lists the SCB-68A specifications. These specifications are typical at 25 °C unless otherwise noted.



Caution Do *not* connect hazardous voltages ($>30 V_{\text{rms}}/42 V_{\text{pk}}/60 \text{ VDC}$) to the SCB-68A.

Temperature Sensor

Accuracy..... ± 1.0 °C over a 0 to 70 °C range

Power Requirement

Power consumption (at +5 VDC, $\pm 5\%$)

Typical 1 mA with no signal conditioning installed

Maximum..... 800 mA from host computer



Note The power specifications pertain to the power supply of the host computer when using internal power or to the external supply connected at the +5 V screw terminal when using external power. The maximum power consumption of the SCB-68A is a function of the signal conditioning components installed and any circuits constructed on the general-purpose breadboard area. If the SCB-68A is powered from the host computer, the maximum +5 V current draw, which is limited by the fuse, is 800 mA.

Fuse

Rating..... 1.10 A, 8 VDC SMT PTC
Fuse is not user-replaceable

Physical Characteristics

Dimensions (including feet) $14.7 \times 14.7 \times 3.0 \text{ cm}$ ($5.8 \times 5.8 \times 1.2 \text{ in.}$)

Weight..... 644 g (1 lb 7 oz)

I/O connector One 68-pin male SCSI connector

Screw terminals 68, all I/O signals are available at screw terminals

Wire gauge..... 14–30 AWG

Torque..... $0.5\text{--}0.6 \text{ N} \cdot \text{m}$ ($4.4\text{--}5.3 \text{ in.} \cdot \text{lb}$)

Through hole pads 0.8 to 0.9 mm (in diameter)

Safety Voltages

Connect only voltages that are no greater than $30 V_{\text{rms}}/42 V_{\text{pk}}/60 \text{ VDC}$.

Environmental

Temperature

Operating	0 to 70 °C
Storage	-20 to 70 °C

Relative humidity

Operating	5 to 90% RH, noncondensing
Storage	5 to 90% RH, noncondensing

Pollution Degree 2

Maximum altitude 2,000 m

Indoor use only.

Safety

This product meets the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or the [Online Product Certification](#) section.

Electromagnetic Compatibility

This product meets the requirements of the following EMC standards for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326-1 (IEC 61326-1): Class A emissions; Basic immunity
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions
- ICES-001: Class A emissions



Note In the United States (per FCC 47 CFR), Class A equipment is intended for use in commercial, light-industrial, and heavy-industrial locations. In Europe, Canada, Australia and New Zealand (per CISPR 11) Class A equipment is intended for use only in heavy-industrial locations.



Note Group 1 equipment (per CISPR 11) is any industrial, scientific, or medical equipment that does not intentionally generate radio frequency energy for the treatment of material or inspection/analysis purposes.



Note For EMC declarations and certifications, and additional information, refer to the *Online Product Certification* section.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives as follows:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (safety)
- 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Online Product Certification

Refer to the product Declaration of Conformity (DoC) for additional regulatory compliance information. To obtain product certifications and the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

NI is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial to the environment and to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *NI and the Environment* Web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



EU Customers At the end of the product life cycle, all products *must* be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers, National Instruments WEEE initiatives, and compliance with WEEE Directive 2002/96/EC on Waste and Electronic Equipment, visit ni.com/environment/weee.

电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 ni.com/environment/rohs_china。(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

DEVICE SPECIFICATIONS


NI 6358

X Series Data Acquisition: 1.25 MS/s/ch, 16 AI, 48 DIO, 4 AO

Français	Deutsch	日本語	한국어	简体中文
ni.com/manuals				

The following specifications are typical at 25 °C, unless otherwise noted. For more information about the NI 6358, refer to the *X Series User Manual* available at ni.com/manuals.

Analog Input

Number of channels.....	16 differential
ADC resolution.....	16 bits
DNL.....	No missing codes guaranteed
INL.....	Refer to the <i>AI Absolute Accuracy</i> section.
Sample rate	
Single channel maximum.....	1.25 MS/s
Minimum.....	No minimum
Timing resolution.....	10 ns
Timing accuracy.....	50 ppm of sample rate
Input coupling.....	DC
Input range.....	±1 V, ±2 V, ±5 V, ±10 V
Maximum working voltage for all analog inputs	
Positive input (AI+).....	±11 V for all ranges, Measurement Category I
Negative input (AI-).....	±11 V for all ranges, Measurement Category I
 Caution	Do not use for measurements within Categories II, III, and IV.
CMRR (at 60 Hz).....	75 dB
Bandwidth.....	1 MHz

THD.....	-80 dBFS
Input impedance	
Device on	
AI+ to AI GND.....	>100 GΩ in parallel with 100 pF
AI- to AI GND.....	>100 GΩ in parallel with 100 pF
Device off	
AI+ to AI GND.....	2 kΩ
AI- to AI GND.....	2 kΩ
Input bias current.....	±10 pA
Crosstalk (at 100 kHz)	
Adjacent channels.....	-80 dB
Non-adjacent channels.....	-100 dB
Input FIFO size.....	8,182 samples shared among channels used
Data transfers.....	DMA (scatter-gather), programmed I/O
Overvoltage protection for all analog input channels	
Device on.....	±36 V
Device off.....	±15 V
Input current during overvoltage.....	±20 mA max/AI pin conditions

Analog Triggers

Number of triggers.....	1
Source.....	AI <0..15>, APFI <0, 1>
Functions.....	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Source level	
AI <0..15>.....	±Full scale
APFI <0, 1>.....	±10 V
Resolution.....	16 bits
Modes.....	Analog edge triggering, analog edge triggering with hysteresis, and analog window triggering

Bandwidth (-3 dB)

AI <0..15> 3.4 MHz

APFI <0, 1> 3.9 MHz

Accuracy ±1% of range

APFI <0, 1> characteristics

Input impedance 10 kΩ

Coupling DC

Protection, power on ±30 V

Protection, power off ±15 V

AI Absolute Accuracy

Table 1. AI Absolute Accuracy

Nominal Range Positive Full Scale	Nominal Range Negative Full Scale	Residual Gain Error (ppm of Reading)	Offset Tempco (ppm of Range/°C)	Random Noise, σ (μVrms)	Absolute Accuracy at Full Scale (μV)
10	-10	95	35	252	2,498
5	-5	102	36	134	1,289
2	-2	102	42	71	528
1	-1	120	50	61	291



Note For more information about absolute accuracy at full scale, refer to the [AI Absolute Accuracy Example](#) section.

Gain tempco 8 ppm/°C

Reference tempco 5 ppm/°C

Residual offset error 15 ppm of range

INL error 46 ppm of range



Note Accuracies listed are valid for up to two years from the device external calibration.

AI Absolute Accuracy Equation

$AbsoluteAccuracy = Reading \cdot (GainError) + Range \cdot (OffsetError) + NoiseUncertainty$

$GainError = ResidualGainError + GainTempco \cdot (TempChangeFromLastInternalCal) + ReferenceTempco \cdot (TempChangeFromLastExternalCal)$

$$\text{OffsetError} = \text{ResidualOffsetError} + \text{OffsetTempco} \cdot (\text{TempChangeFromLastInternalCal}) + \text{INLError}$$

$$\text{NoiseUncertainty} = \frac{\text{Random Noise} \cdot 3}{\sqrt{10,000}} \text{ for a coverage factor of } 3 \sigma \text{ and averaging } 10,000 \text{ points.}$$

AI Absolute Accuracy Example

Absolute accuracy at full scale on the analog input channels is determined using the following assumptions:

- $\text{TempChangeFromLastExternalCal} = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\text{TempChangeFromLastInternalCal} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\text{number_of_readings} = 10,000$
- $\text{CoverageFactor} = 3 \sigma$

For example, on the 10 V range, the absolute accuracy at full scale is as follows:

$$\text{GainError} = 95 \text{ ppm} + 8 \text{ ppm} \cdot 1 + 5 \text{ ppm} \cdot 10 = 153 \text{ ppm}$$

$$\text{OffsetError} = 15 \text{ ppm} + 35 \text{ ppm} \cdot 1 + 46 \text{ ppm} = 96 \text{ ppm}$$

$$\text{Noise Uncertainty} = \frac{252 \text{ } \mu\text{V} \cdot 3}{\sqrt{10,000}} = 7.6 \text{ } \mu\text{V}$$

$$\text{AbsoluteAccuracy} = 10 \text{ V} \cdot (\text{GainError}) + 10 \text{ V} \cdot (\text{OffsetError}) + \text{NoiseUncertainty} = 2,498 \text{ } \mu\text{V}$$

Analog Output

Number of channels.....	4
DAC resolution.....	16 bits
DNL.....	± 1 LSB, max
Monotonicity.....	16 bit guaranteed
Accuracy.....	Refer to the <i>AO Absolute Accuracy</i> section.
Maximum update rate (simultaneous)	
1 channel.....	3.3 MS/s
2 channels.....	3.3 MS/s
3 channels.....	3.3 MS/s
4 channels.....	3.3 MS/s
Minimum update rate.....	No minimum
Timing accuracy.....	50 ppm of sample rate
Timing resolution.....	10 ns

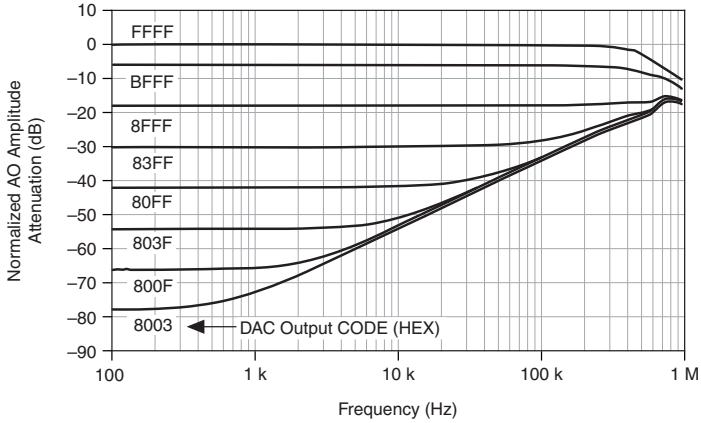
Output range.....	$\pm 10\text{ V}$, $\pm 5\text{ V}$, \pm external reference on APFI <0, 1>
Output coupling.....	DC
Output impedance.....	$0.4\ \Omega$
Output current drive.....	$\pm 5\text{ mA}$
Overdrive protection.....	$\pm 25\text{ V}$
Overdrive current.....	10 mA
Power-on state.....	$\pm 5\text{ mV}$
Power-on/off glitch.....	1.5 V peak for 200 ms
Output FIFO size.....	8,191 samples shared among channels used
Data transfers.....	DMA (scatter-gather), programmed I/O
AO waveform modes.....	Non-periodic waveform, periodic waveform regeneration mode from onboard FIFO, periodic waveform regeneration from host buffer including dynamic update
Settling time, full-scale step,.....	$2\ \mu\text{s}$
15 ppm (1 LSB)	
Slew rate.....	$20\text{ V}/\mu\text{s}$
Glitch energy at midscale transition,.....	$6\text{ nV} \cdot \text{s}$
$\pm 10\text{ V}$ range	

External Reference

APFI <0, 1> characteristics

Input impedance.....	$10\text{ k}\Omega$
Coupling.....	DC
Protection, device on.....	$\pm 30\text{ V}$
Protection, device off.....	$\pm 15\text{ V}$
Range.....	$\pm 11\text{ V}$
Slew rate.....	$20\text{ V}/\mu\text{s}$

Figure 1. Analog Output External Reference Bandwidth



AO Absolute Accuracy

Absolute accuracy at full-scale numbers is valid immediately following self calibration and assumes the device is operating within 10 °C of the last external calibration.

Table 2. AO Absolute Accuracy

Nominal Range Positive Full Scale	Nominal Range Negative Full Scale	Residual Gain Error (ppm of Reading)	Gain Tempco (ppm/°C)	Reference Tempco (ppm/°C)	Residual Offset Error (ppm of Range)	Offset Tempco (ppm of Range/°C)	INL Error (ppm of Range)	Absolute Accuracy at Full Scale (µV)
10	-10	110	17	5	65	1	64	3,066
5	-5	117	8	5	65	1	64	1,526



Note Accuracies listed are valid for up to two years from the device external calibration.

AO Absolute Accuracy Equation

$$AbsoluteAccuracy = OutputValue \cdot (GainError) + Range \cdot (OffsetError)$$

$$GainError = ResidualGainError + GainTempco \cdot (TempChangeFromLastInternalCal) + ReferenceTempco \cdot (TempChangeFromLastExternalCal)$$

$$OffsetError = ResidualOffsetError + OffsetTempco \cdot (TempChangeFromLastInternalCal) + INLError$$

Digital I/O/PFI

Static Characteristics

Number of channels.....	48 total, 32 (P0.<0..31>, 16 (PFI <0..7>/P1, PFI <8..15>/P2)
Ground reference.....	D GND
Direction control.....	Each terminal individually programmable as input or output
Pull-down resistor.....	50 k Ω typical, 20 k Ω minimum
Input voltage protection.....	± 20 V on up to two pins



Caution Stresses beyond those listed under the *Input voltage protection* specification may cause permanent damage to the device.

Waveform Characteristics (Port 0 Only)

Terminals used.....	Port 0 (P0.<0..31>)
Port/sample size.....	Up to 32 bits
Waveform generation (DO) FIFO.....	2,047 samples
Waveform acquisition (DI) FIFO.....	255 samples
DI Sample Clock frequency.....	0 to 10 MHz, system and bus activity dependent
DO Sample Clock frequency	
Regenerate from FIFO.....	0 to 10 MHz
Streaming from memory.....	0 to 10 MHz, system and bus activity dependent
Data transfers.....	DMA (scatter-gather), programmed I/O
Digital line filter settings.....	160 ns, 10.24 μ s, 5.12 ms, disable

PFI/Port 1/Port 2 Functionality

Functionality.....	Static digital input, static digital output, timing input, timing output
Timing output sources.....	Many AI, AO, counter, DI, DO timing signals
Debounce filter settings.....	90 ns, 5.12 μ s, 2.56 ms, custom interval, disable; programmable high and low transitions; selectable per input

Recommended Operating Conditions

Input high voltage (V_{IH})	
Minimum.....	2.2 V
Maximum.....	5.25 V
Input low voltage (V_{IL})	
Minimum.....	0 V
Maximum.....	0.8 V
Output high current (I_{OH})	
P0.<0..7>.....	-24 mA maximum
PFI <0..15>/P1/P2.....	-16 mA maximum
Output low current (I_{OL})	
P0.<0..7>.....	24 mA maximum
PFI <0..15>/P1/P2.....	16 mA maximum

Digital I/O Characteristics

Positive-going threshold (V_{T+}).....	2.2 V maximum
Negative-going threshold (V_{T-}).....	0.8 V minimum
Delta VT hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$).....	0.2 V minimum
I_{IL} input low current ($V_{IN} = 0$ V).....	-10 μ A maximum
I_{IH} input high current ($V_{IN} = 5$ V).....	250 μ A maximum

Figure 2. P0.<0..31>: I_{OH} versus V_{OH}

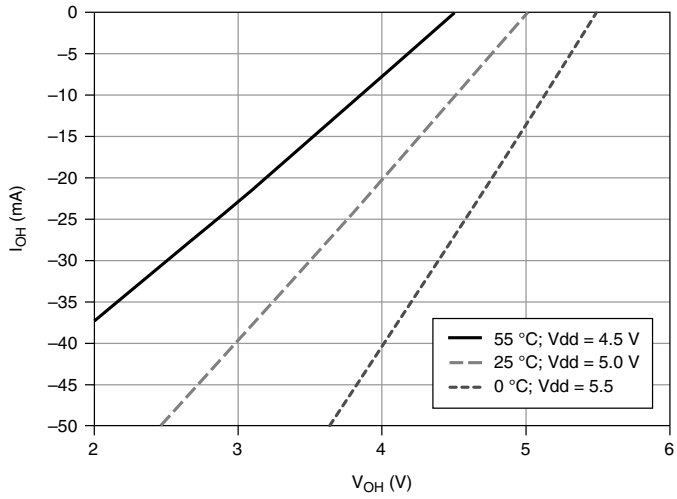


Figure 3. P0.<0..31>: I_{OL} versus V_{OL}

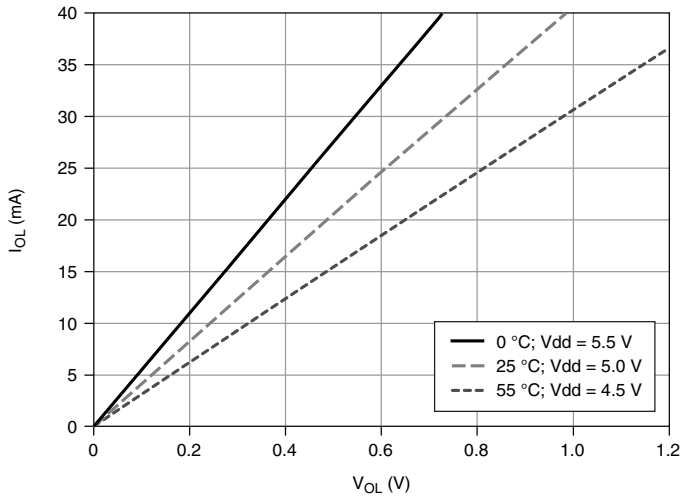


Figure 4. PFI <0..15>/P1/P2: I_{OH} versus V_{OH}

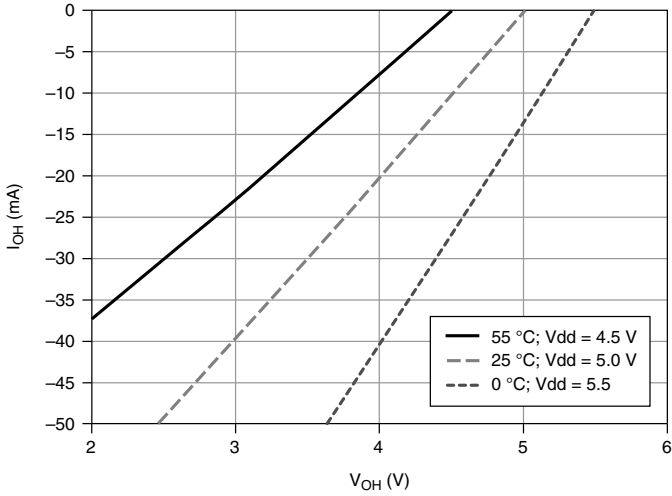
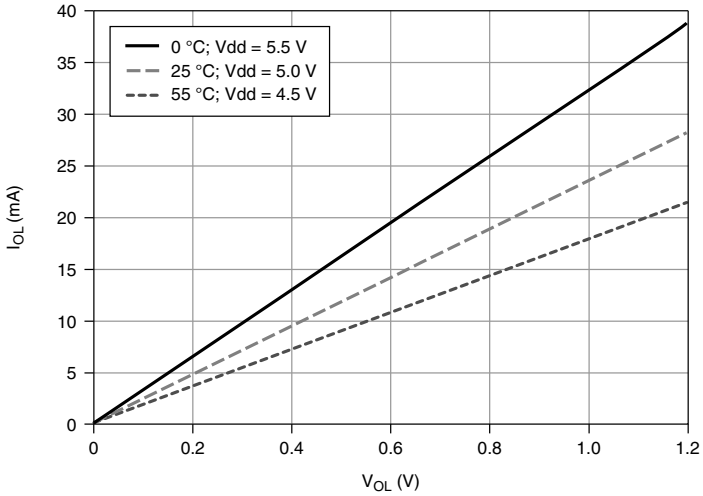


Figure 5. PFI <0..15>/P1/P2: I_{OL} versus V_{OL}



General-Purpose Counters

Number of counter/timers.....4

Resolution.....32 bits

Counter measurements.....	Edge counting, pulse, pulse width, semi-period, period, two-edge separation
Position measurements.....	XI, X2, X4 quadrature encoding with Channel Z reloading; two-pulse encoding
Output applications.....	Pulse, pulse train with dynamic updates, frequency division, equivalent time sampling
Internal base clocks.....	100 MHz, 20 MHz, 100 kHz
External base clock frequency.....	0 MHz to 25 MHz; 0 MHz to 100 MHz on PXIe_DSTAR<A,B>
Base clock accuracy.....	50 ppm
Inputs.....	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down, Sample Clock
Routing options for inputs.....	Any PFI, PXIe_DSTAR<A,B>, PXI_TRIG, PXI_STAR, analog trigger, many internal triggers
FIFO.....	127 samples per counter
Data transfers.....	Dedicated scatter-gather DMA controller for each counter/timer, programmed I/O

Frequency Generator

Number of channels.....	1
Base clocks.....	20 MHz, 10 MHz, 100 kHz
Divisors.....	1 to 16
Base clock accuracy.....	50 ppm

Output can be available on any PFI terminal.

Phase-Locked Loop (PLL)

Number of PLLs.....	1
---------------------	---

Table 3. Reference Clock Locking Frequencies

Reference Signal	PXI Express Locking Input Frequency (MHz)
PXIe_DSTAR<A,B>	10, 20, 100
PXI_STAR	10, 20
PXIe_CLK100	100
PXI_TRIG <0..7>	10, 20
PFI <0..15>	10, 20

Output of PLL.....100 MHz Timebase; other signals derived from
100 MHz Timebase including 20 MHz and
100 kHz Timebases

External Digital Triggers

Source.....	Any PFI, PXIe_DSTAR<A,B>, PXI_TRIG, PXI_STAR
Polarity.....	Software-selectable for most signals
Analog input function.....	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Convert Clock, Sample Clock Timebase
Analog output function.....	Start Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Counter/timer functions.....	Gate, Source, HW_Arm, Aux, A, B, Z, Up_Down, Sample Clock
Digital waveform generation (DO)..... function	Start Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase
Digital waveform acquisition (DI)..... function	Start Trigger, Reference Trigger, Pause Trigger, Sample Clock, Sample Clock Timebase

Device-to-Device Trigger Bus

Input source.....	PXI_TRIG <0..7>, PXI_STAR, PXIe_DSTAR<A,B>
Output destination.....	PXI_TRIG <0..7>, PXIe_DSTARC

Output selections.....	10 MHz Clock, frequency generator output, many internal signals
Debounce filter settings.....	90 ns, 5.12 μ s, 2.56 ms, custom interval, disable; programmable high and low transitions; selectable per input

Bus Interface

Form factor.....	x1 PXI Express peripheral module, specification rev 1.0 compliant
Slot compatibility.....	x1 and x4 PXI Express or PXI Express hybrid slots
DMA channels.....	8, can be used for analog input, analog output, digital input, digital output, counter/timer 0, counter/timer 1, counter/timer 2, counter/timer 3

All PXIe devices may be installed in PXI Express slots or PXI Express hybrid slots.

Power Requirements



Caution The protection provided by the device can be impaired if the device is used in a manner not described in the *X Series User Manual*.

PXIe

+3.3 V.....	7.8 W
+12 V.....	22.2 W

Current Limits



Caution Exceeding the current limits may cause unpredictable device behavior.

+5 V terminal (connector 0).....	1 A max ¹
+5 V terminal (connector 1).....	1 A max ¹
P0/PFI/P1/P2 and +5 V terminals.....	1.8 A max combined

¹ Has a self-resetting fuse that opens when current exceeds this specification.

Physical Characteristics

PXIe printed circuit board.....Standard 3U PXI dimensions

Weight.....241 g (8.5 oz)

I/O connectors.....2 68-pin VHDCI

Table 4. PXIe Mating Connectors

Manufacturer, Part Number	Description
MOLEX 71430-0011	68-Pos Right Angle Single Stack PCB-Mount VHDCI (Receptacle)
MOLEX 74337-0016	68-Pos Right Angle Dual Stack PCB-Mount VHDCI (Receptacle)
MOLEX 71425-3001	68-Pos Offset IDC Cable Connector (Plug) (SHC68-*)

USB screw terminal/BNC screw.....16-24 AWG terminal wiring

Calibration

Recommended warm-up time.....15 minutes

Calibration interval.....2 years

Maximum Working Voltage

Maximum working voltage refers to the signal voltage plus the common-mode voltage.

Channel to earth.....11 V, Measurement Category I



Caution Do not use for measurements within Categories II, III, or IV.

Shock and Vibration

Operational shock.....	30 g peak, half-sine, 11 ms pulse (Tested in accordance with IEC-60068-2-27. Test profile developed in accordance with MIL-PRF-28800F.)
Random vibration	
Operating.....	5 to 500 Hz, 0.3 g _{rms}
Nonoperating.....	5 to 500 Hz, 2.4 g _{rms} (Tested in accordance with IEC-60068-2-64. Nonoperating test profile exceeds the requirements of MIL-PRF-28800F, Class 3.)

Environmental

Operating temperature.....	0 to 55 °C
Storage temperature.....	-40 to 70 °C
Operating humidity.....	10 to 90% RH, noncondensing
Storage humidity.....	5 to 95% RH, noncondensing
Pollution Degree.....	2
Maximum altitude.....	2,000 m
Indoor use only.	

Safety

This product meets the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or the [Online Product Certification](#) section.

Electromagnetic Compatibility

This product meets the requirements of the following EMC standards for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326-1 (IEC 61326-1): Class A emissions; Basic immunity
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions
- ICES-001: Class A emissions



Note In the United States (per FCC 47 CFR), Class A equipment is intended for use in commercial, light-industrial, and heavy-industrial locations. In Europe, Canada, Australia, and New Zealand (per CISPR 11) Class A equipment is intended for use only in heavy-industrial locations.



Note Group 1 equipment (per CISPR 11) is any industrial, scientific, or medical equipment that does not intentionally generate radio frequency energy for the treatment of material or inspection/analysis purposes.



Note For EMC declarations and certifications, refer to the [Online Product Certification](#) section.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as follows:

- 2014/35/EU; Low-Voltage Directive (safety)
- 2014/30/EU; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Online Product Certification

Refer to the product Declaration of Conformity (DoC) for additional regulatory compliance information. To obtain product certifications and the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

NI is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial to the environment and to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *Minimize Our Environmental Impact* web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



EU Customers At the end of the product life cycle, all NI products must be disposed of according to local laws and regulations. For more information about how to recycle NI products in your region, visit ni.com/environment/weee.

电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 ni.com/environment/rohs_china。(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

Specifications



Caution If the NI PXIe-1073 chassis is used in a manner inconsistent with the instructions or specifications listed by National Instruments, the protective features of the chassis may be impaired.



Note Specifications are subject to change without notice.

This appendix contains specifications for the NI PXIe-1073 chassis.

Electrical

AC Input

Input voltage range.....	100–240 VAC
Operating voltage range ¹	90–264 VAC
Input frequency	50/60 Hz
Operating frequency range ¹	47–63 Hz
Input current rating.....	4–2 A
Efficiency	>70% at full load, normal input voltage
Power disconnect	The AC power cable provides main power disconnect. The front-panel power switch controls the internal chassis power supply that provides DC power to the CompactPCI/PXI backplane.

¹ The operating range is guaranteed by design.

DC Output

DC current capacity (I_{MP})

Voltage	Maximum Current
+3.3 V	15 A
+5 V	7.5 A
+5 V _{AUX}	1.0 A
+12 V	15 A
-12 V	0.75 A



Note The maximum total power is 150 W. This represents 30 W per slot for each of the five slots of the chassis.

Over-current protectionAll outputs protected from short circuit

Over-voltage protection

Over-voltage at	Active Range	
	Minimum	Maximum
+3.3 V	3.76 V	4.3 V
+5 V	5.74 V	7.0 V
+12 V	13.4 V	15.6 V

Chassis Cooling

Per slot cooling capacity38.25 W

Slot airflow directionBottom of module to top of module

Module cooling

SystemForced air circulation (positive pressurization) through a 126 CFM fan with High/Auto speed selector

IntakeBottom of chassis

ExhaustAlong rear, right side, and top of chassis

Power supply cooling	
System.....	Forced air circulation through integrated fan
Intake	Front side of chassis
Exhaust.....	Rear side of chassis

Environmental

Maximum altitude 2,000 m (800 mbar)
(at 25 °C ambient)

Measurement Category II

Pollution Degree 2

For indoor use only.

Operating Environment

Ambient temperature range..... 0 to 50 °C
(Tested in accordance with IEC-60068-2-1 and IEC-60068-2-2. Meets MIL-PRF-28800F Class 3 low temperature limit and high temperature limit.)

Relative humidity range 20 to 80%, noncondensing
(Tested in accordance with IEC-60068-2-56.)

Storage Environment

Ambient temperature range..... -40 to 71 °C
(Tested in accordance with IEC-60068-2-1 and IEC-60068-2-2. Meets MIL-PRF-28800F Class 3 limits.)

Relative humidity range 10 to 95%, noncondensing
(Tested in accordance with IEC-60068-2-56.)

Shock and Vibration

Operational shock30 g peak, half-sine, 11 ms pulse
(Tested in accordance with
IEC-60068-2-27. Meets
MIL-PRF-28800F Class 2 limits.)

Random Vibration

Operating5 to 500 Hz, 0.3 g_{rms}
Nonoperating5 to 500 Hz, 2.4 g_{rms}
(Tested in accordance with
IEC-60068-2-64. Nonoperating
test profile exceeds the
requirements of
MIL-PRF-28800F, Class 3.)

Acoustic Emissions

Sound Pressure Level (at Operator Position)

Tested in accordance with ISO 7779. Meets MIL-PRF-28800F requirements.

NI PXIe-1073

Auto fan (at 25 °C ambient)43.3 dBA

High fan58.3 dBA

Sound Power

Tested in accordance with ISO 7779.

NI PXIe-1073

Auto fan (at 25 °C ambient)51.3 dBA

High fan64.6 dBA



Note Specifications are subject to change without notice.

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for information technology equipment:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1



Note For UL and other safety certifications, refer to the product label or the *Online Product Certification* section.

Electromagnetic Compatibility

This product meets the requirements of the following EMC standards for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326 (IEC 61326): Class A emissions; Basic immunity
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A emissions
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A emissions
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A emissions
- ICES-001: Class A emissions



Note For the standards applied to assess the EMC of this product, refer to the *Online Product Certification* section.



Note For EMC compliance, operate this device with shielded cabling.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives as follows:

- 2006/95/EC; Low-Voltage Directive (safety)
- 2004/108/EC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Online Product Certification

Refer to the product Declaration of Conformity (DoC) for additional regulatory compliance information. To obtain product certifications and the DoC for this product, visit ni.com/certification, search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Environmental Management

NI is committed to designing and manufacturing products in an environmentally responsible manner. NI recognizes that eliminating certain hazardous substances from our products is beneficial to the environment and to NI customers.

For additional environmental information, refer to the *NI and the Environment* Web page at ni.com/environment. This page contains the environmental regulations and directives with which NI complies, as well as other environmental information not included in this document.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)



EU Customers At the end of the product life cycle, all products *must* be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers, National Instruments WEEE initiatives, and compliance with WEEE Directive 2002/96/EC on Waste and Electronic Equipment, visit ni.com/environment/weee.

电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



中国客户 National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 ni.com/environment/rohs_china。(For information about China RoHS compliance, go to ni.com/environment/rohs_china.)

Backplane

Size	3U-sized; integrated controller and 5 peripheral slots. Compliant with IEEE 1101.10 mechanical packaging. <i>PXI Express Specification</i> compliant. Accepts both PXI Express and CompactPCI (PICMG 2.0 R3.0) 3U modules.
V(I/O) ¹	+5 V
Backplane bare-board material	UL 94 V-0 recognized
Backplane connectors	Conform to IEC 917 and IEC 1076-4-101, and are UL 94 V-0 rated

¹ V(I/O) is connected to the +5 V DC power plane, so the same specifications apply to V(I/O) and +5 V.

System Synchronization Clocks (PXI_CLK10, PXIe_CLK100, PXIe_SYNC100)

10 MHz System Reference Clock: PXI_CLK10

Maximum slot-to-slot skew	250 ps
Accuracy	± 25 ppm max. (guaranteed over the operating temperature range)



Note The 10 MHz system reference clock does not require calibration.

Maximum jitter	5 ps RMS phase-jitter (10 Hz–1 MHz range)
Duty-factor	45%–55%
Unloaded signal swing	3.3 V ± 0.3 V



Note For other specifications refer to the *PXI-1 Hardware Specification*.

100 MHz System Reference Clock: PXIe_CLK100 and PXIe_SYNC100

Maximum slot-to-slot skew	100 ps
Accuracy	± 25 ppm max. (guaranteed over the operating temperature range)
Maximum jitter	3 ps RMS phase-jitter (10 Hz–12 kHz range)
	2 ps RMS phase-jitter (12 kHz–20 MHz range)
Duty-factor for PXIe_CLK100	45%–55%
Absolute single-ended voltage swing (When each line in the differential pair has 50 Ω termination to 1.30 V or Thévenin equivalent)	400–1000 mV



Note For other specifications refer to the *PXI-5 PXI Express Hardware Specification*.

Mechanical

Overall dimensions (standard chassis)

Height 177 mm (6.97 in.)



Note 12.7 mm (0.50 in.) is added to height when feet are installed.

Width 257.1 mm (10.12 in.)

Depth 212.8 mm (8.38 in.)

Weight 5 kg (11.0 lbs)

Chassis materials Sheet Aluminum,
Extruded Aluminum,
Cold Rolled Steel, Nylon

Finish Clear Chromate Conversion
Coat on Aluminum
Electrodeposited Nickel Plate
Plate on Cold Rolled Steel
Polyester Urethane Powder Paint

Figure A-1 and Figure A-2 show the NI PXIe-1073 dimensions. The holes shown are for the installation of the optional rack-mount kits as shown in Figure A-3. Notice that the front and rear rack mounting holes (size M4) are symmetrical.

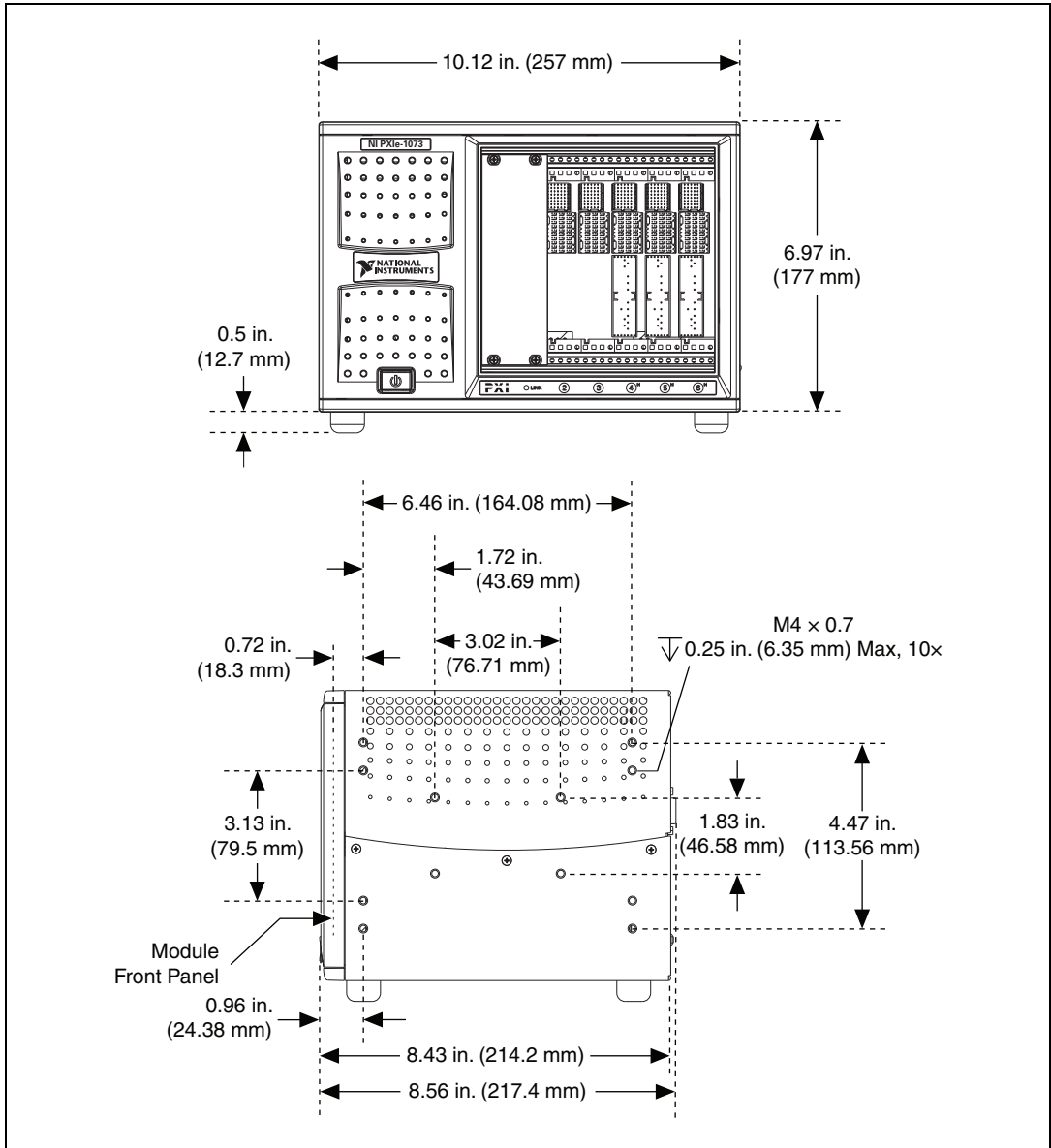


Figure A-1. NI PXIe-1073 Chassis Dimensions (Front and Side)

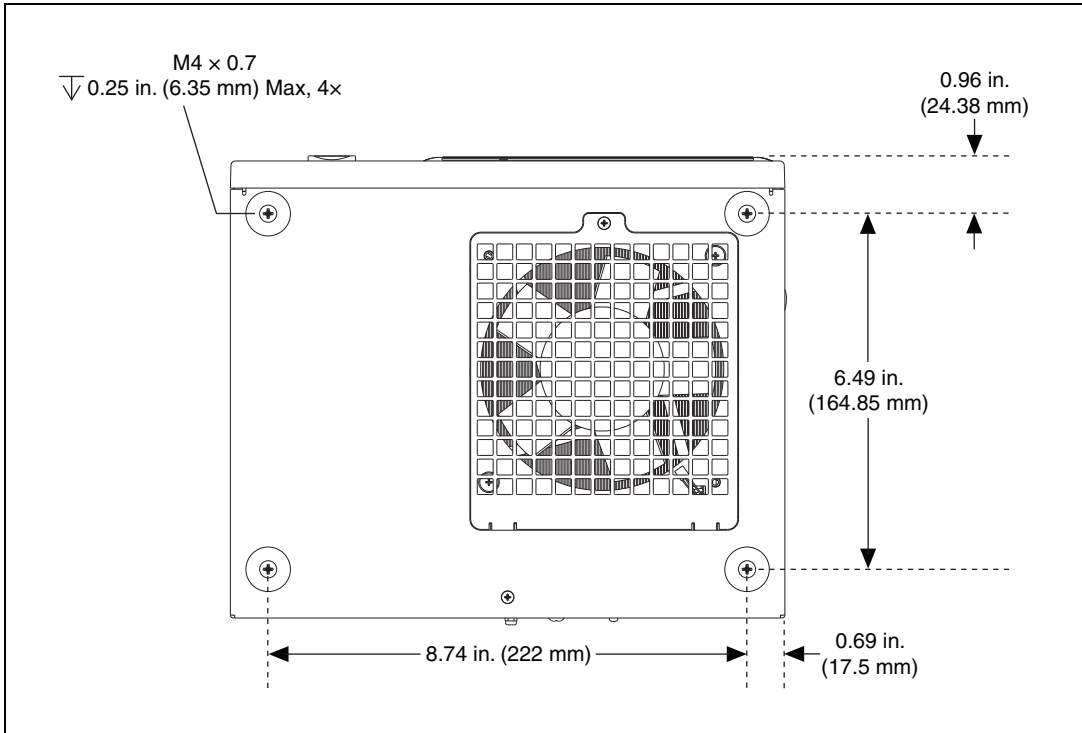


Figure A-2. NI PXIe-1073 Chassis Dimensions (Bottom)

Figure A-3 shows the NI PXIe-1073 rack mount kit components.

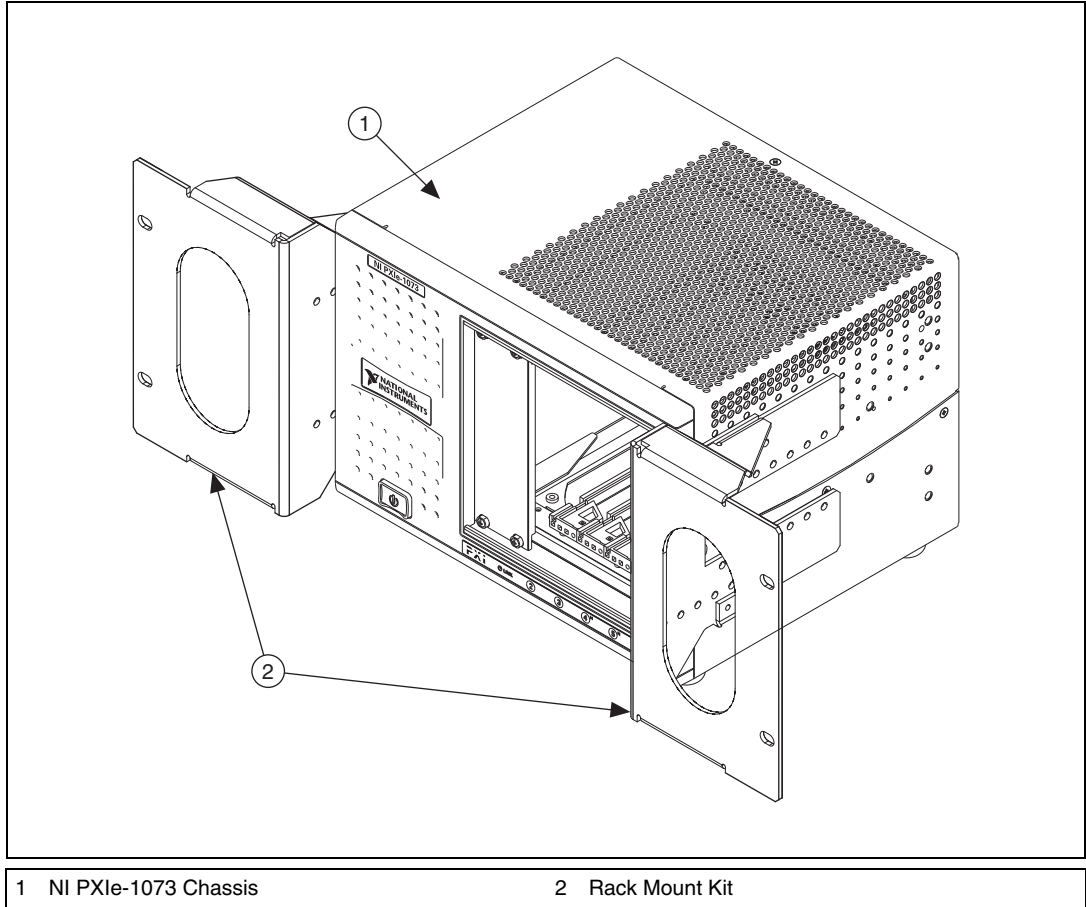


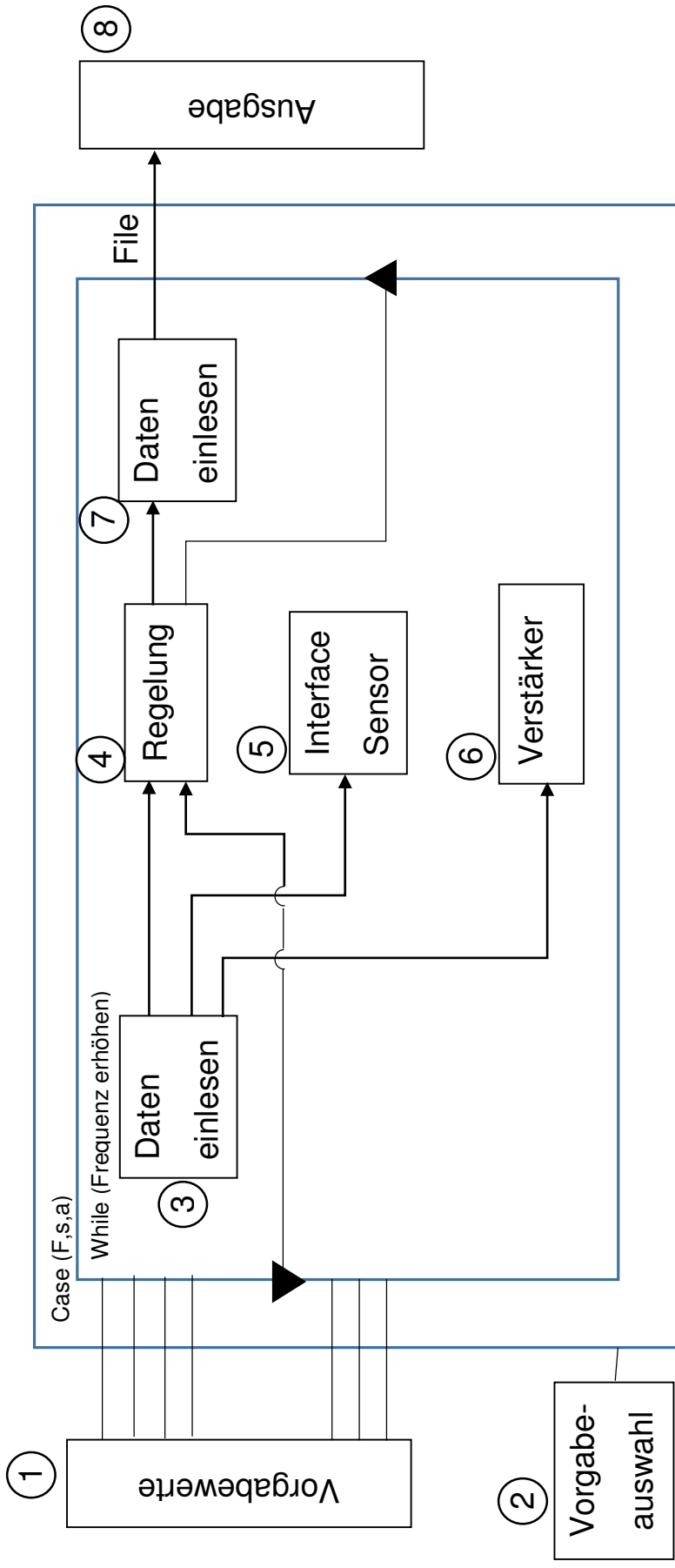
Figure A-3. NI PXIe-1073 Chassis Rack Mount Kit Components



Notes Refer to the *NI PXIe-1073 Rack Mount Installation Guide* included with your rack mount kit for more information on rack mounting the NI PXIe-1073 chassis.


V Struktogramme des Programms

Struktogramm der Regelung für den Shaker



Näher beschriebene Teilstrukturen

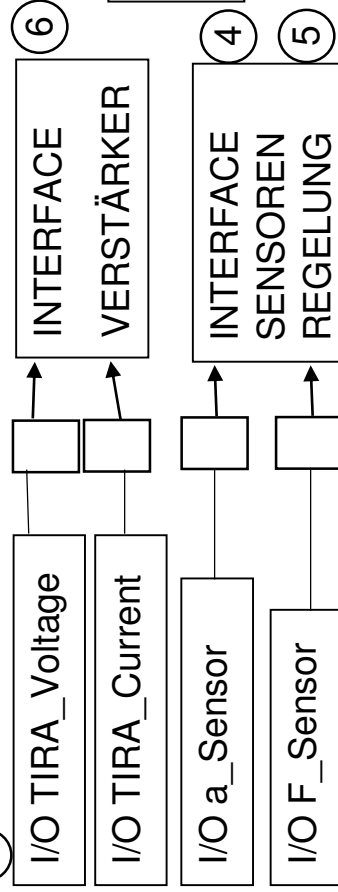
1 Vorgabewerte im Cluster

$F_{soll}, s_{soll}, a_{soll},$	
Toleranz: F, s, a	
Toleranz: f	
Startfrequenz: f_{start} Endfrequenz: $f_{end} \Delta f$	
Masse: m	
Übertragungsfaktoren der Sensoren	

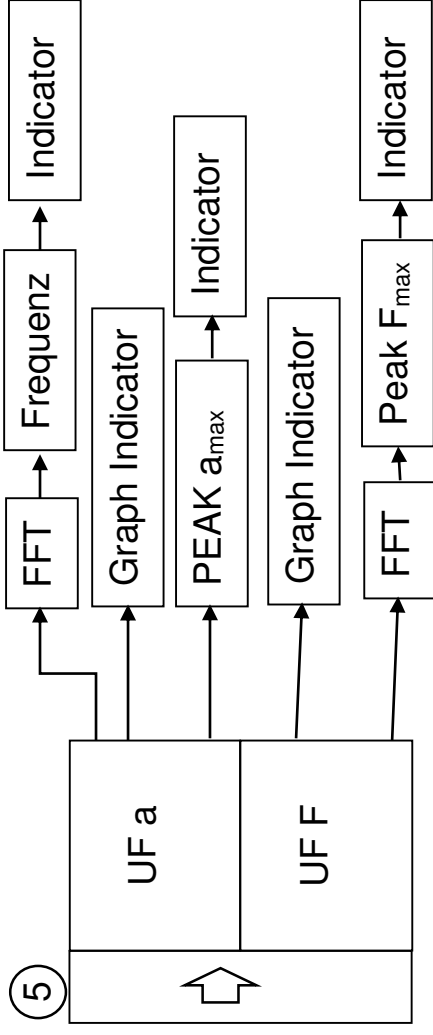
2

ENUM Vorgabeauswahl

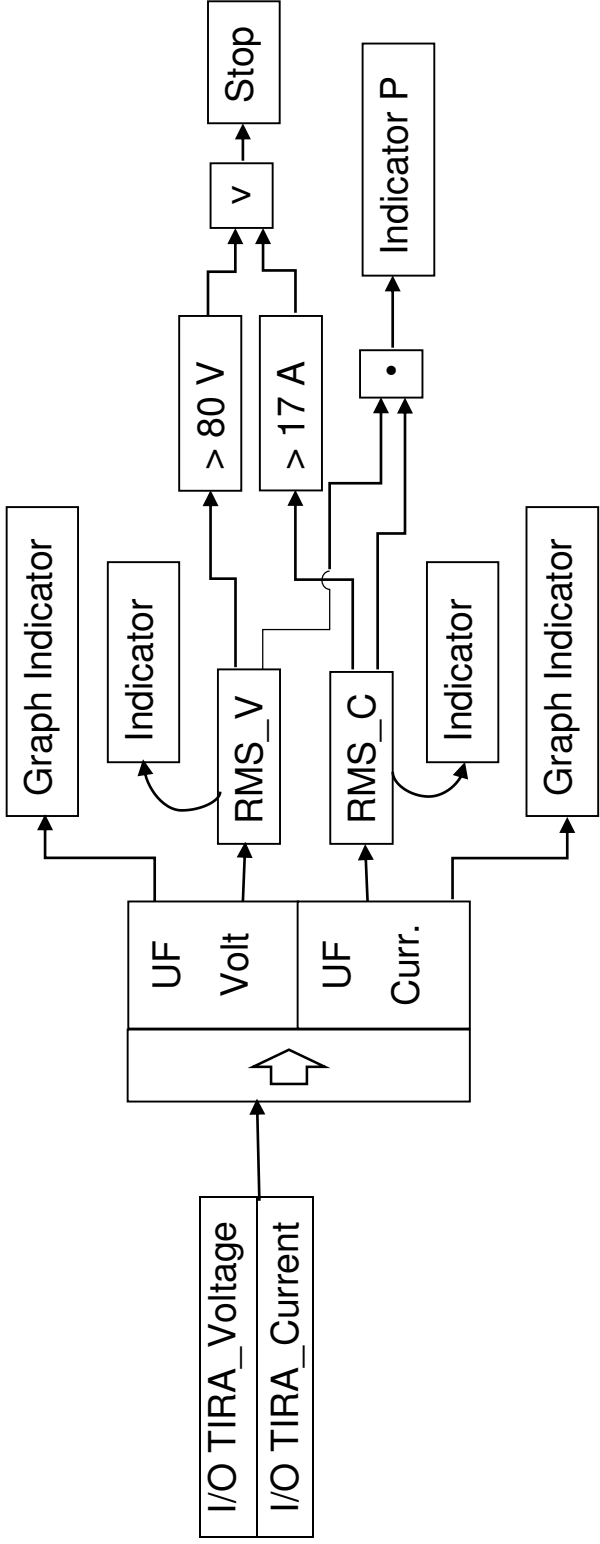
3



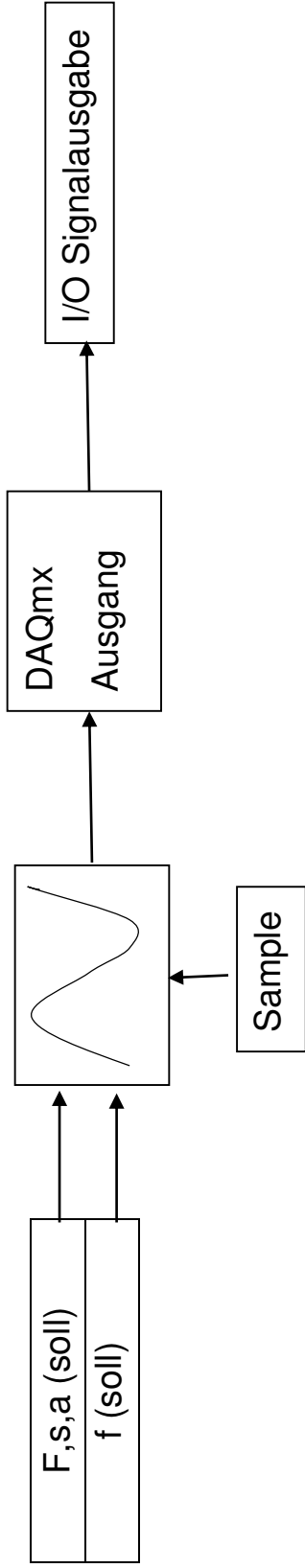
Hier werden noch Anschlüsse für externe Sensoren angebracht.



6



9



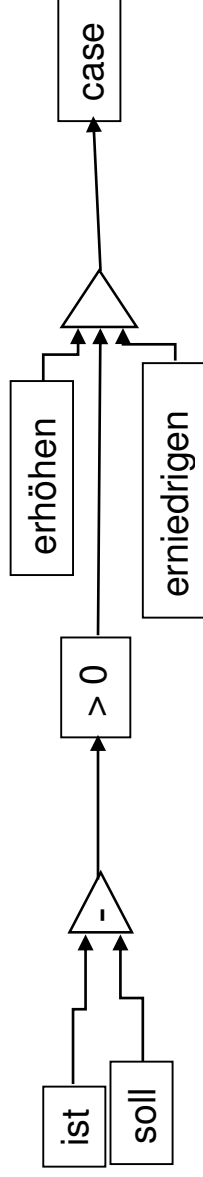
gleich

10.1



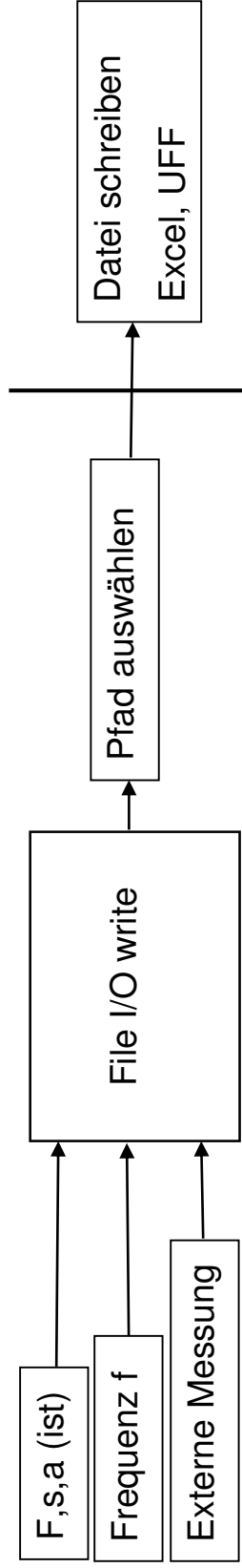
ungleich

10.2



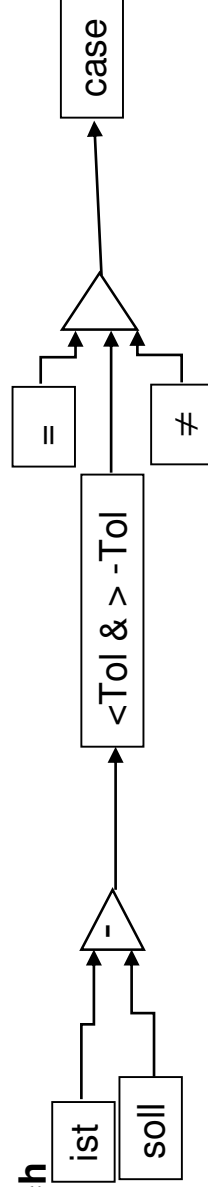
Messung

10.3



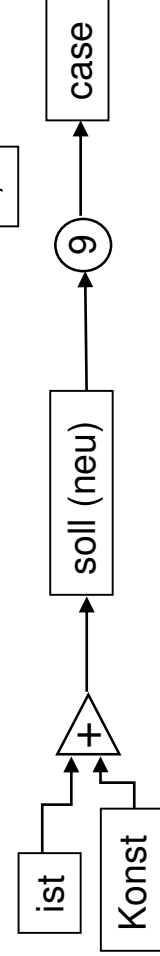
Vergleich

10.4



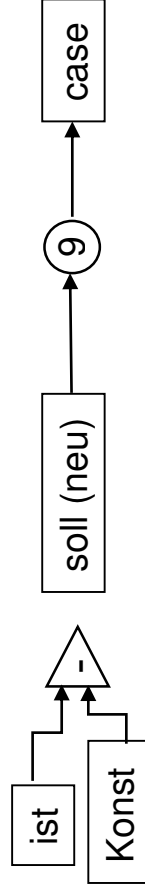
größer

10.5

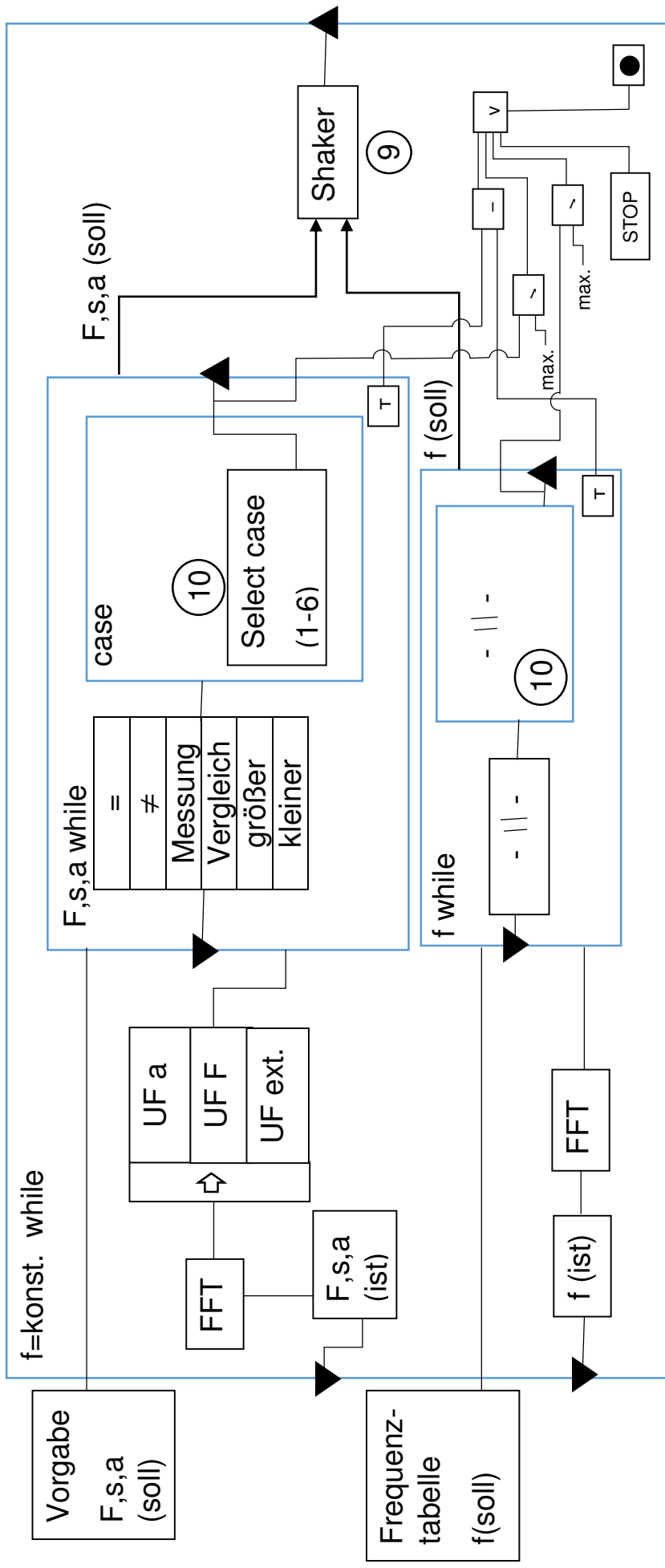


kleiner

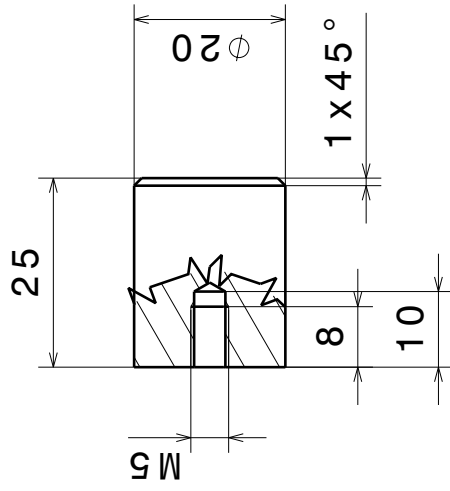
10.6



4

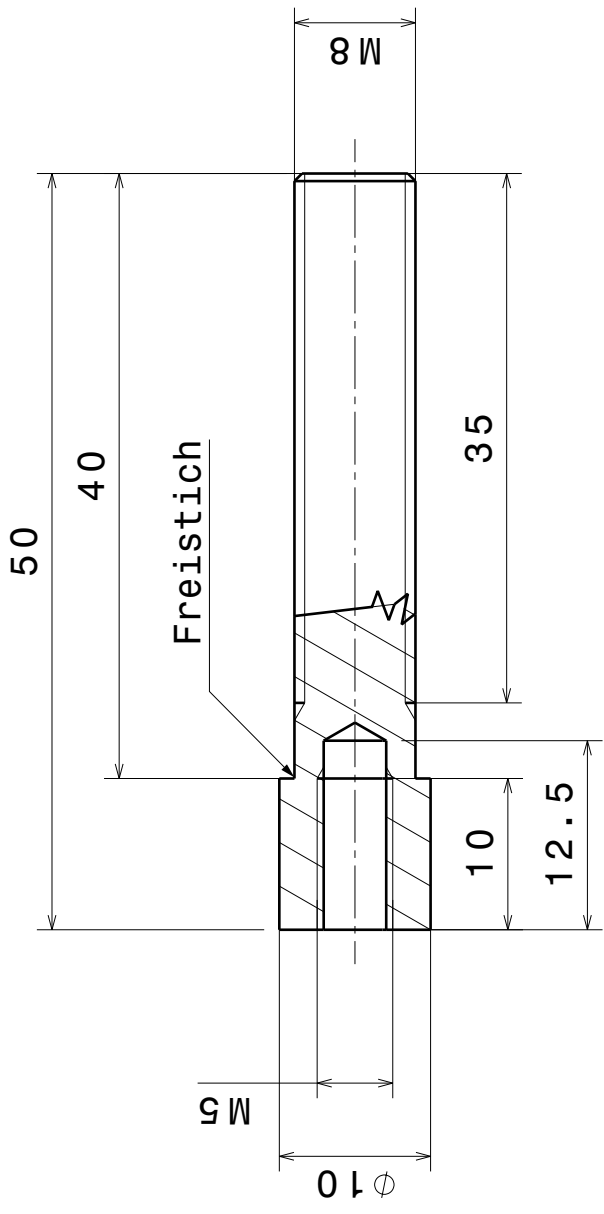


VI CAD - Zeichnungen



Fakultät 03 Maschinenbau Fahrzeugtechnik Flugzeugtechnik	Allgemein- toleranzen		Werkstück- kanten		Maßstab:	Menge:
	ISO 2768-m		DIN 6784		1:1	1
	Bearb	Datum	Name		Werkst./Halbz. Werkstoff: Aluminiumlegierung	
	06.05.15	06.05.15	Wiegele		Rohteil - Nr.	
	Gepr.				Bauteilbezeichnung	
	Norm				Ausgleichsgew.	
					Zeichnungsnr.	
					SH-A	
					Blatt	
					DIN A4	
Zust	Änderung	Datum	Name	Erstellt mit CATIA V5		
-				Betr.		
				Semester		

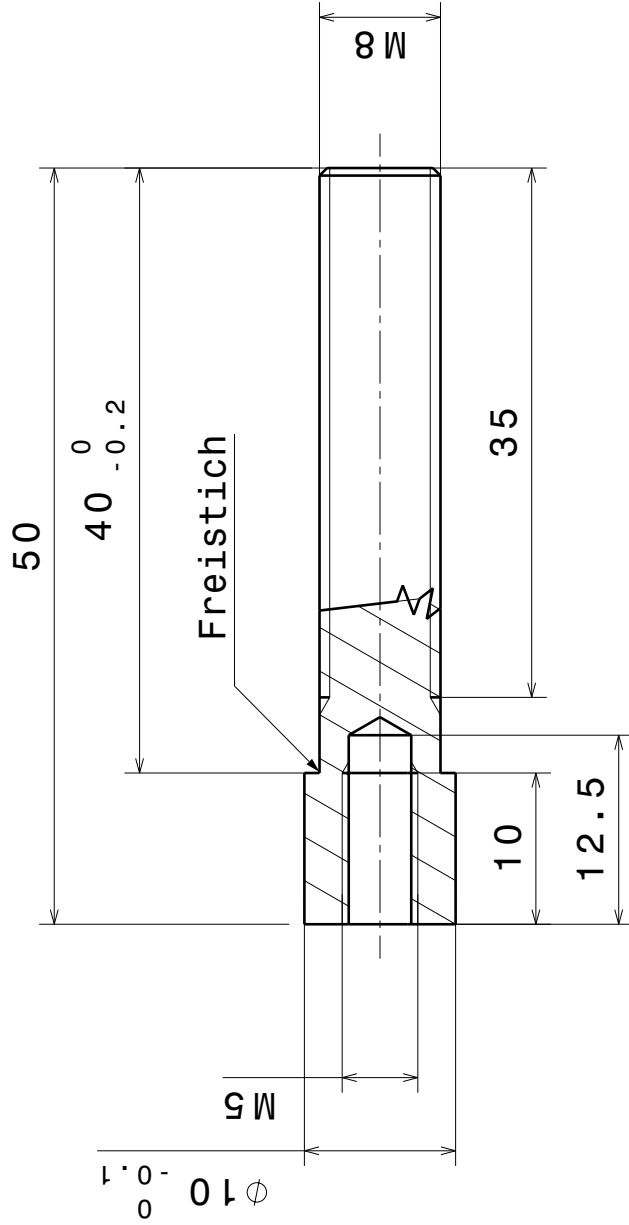




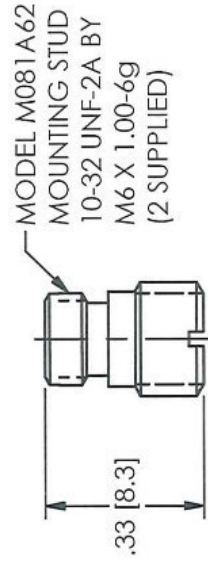
Alle nicht bemaßten
Fasen 0,5x45°

Fakultät 03 Maschinenbau Fahrzeugtechnik Flugzeugtechnik	Allgemein- toleranzen		Werkstück- kanten		Maßstab:	Menge:
	ISO 2768-m		DIN 6784		2:1	1
	Bearb.	Datum	Name		Werkst./Halbz. Werkstoff: Stahl	
	06.05.15	06.05.15	Wiegele		Rohteil - Nr.	
	Gepr.				Bauteilbezeichnung	
	Norm				Gewindestange I	
					Zeichnungsnr.	
					SH-G I	
					Blatt	
					DIN A4	
Zust	Änderung	Datum	Name	Erstellt mit CATIA V5		Betr.
-				HOCHSCHULE UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN MÜNCHEN		Semester

Gewindestange



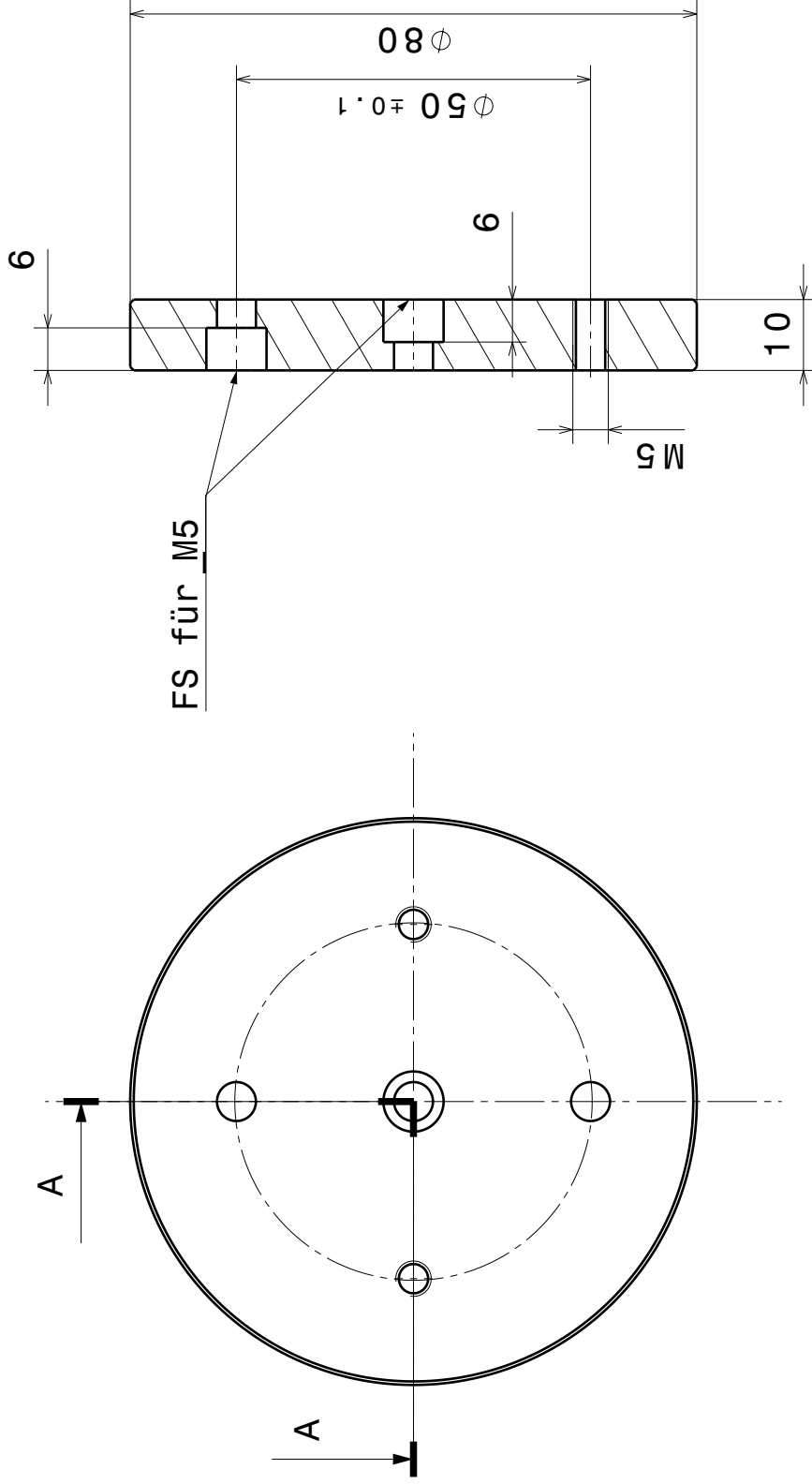
Gewindestift



Alle nicht bemaßten
Fasen 0,5x45°

Fakultät 03 Maschinenbau Fahrzeugtechnik Flugzeugtechnik		Allgemein- toleranzen ISO 2768-m		Werkstück- kanten DIN 6784		Maßstab: 2:1	Menge: 1
		Datum		Name		Werkst./Halbz. Werkstoff: Stahl	
		06.05.15		Wiegele		Rohteil - Nr.	
		Gepr.				Bauteilbezeichnung	
		Norm				Gewindestange + Gewindestift	
						Zeichnungsnr.	
						SH-G I	
						Blatt	
						DIN A4	
Zust	Änderung	Datum	Name	Erstellt mit CATIA V5		Betr.	
-				HOCHSCHULE UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN MÜNCHEN		Semester	

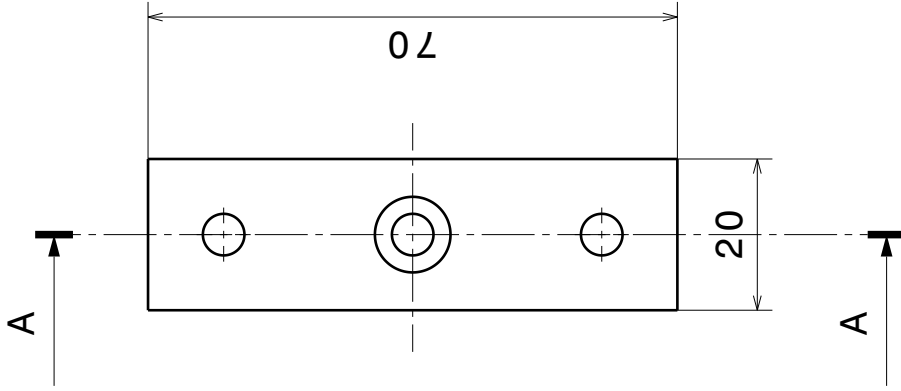
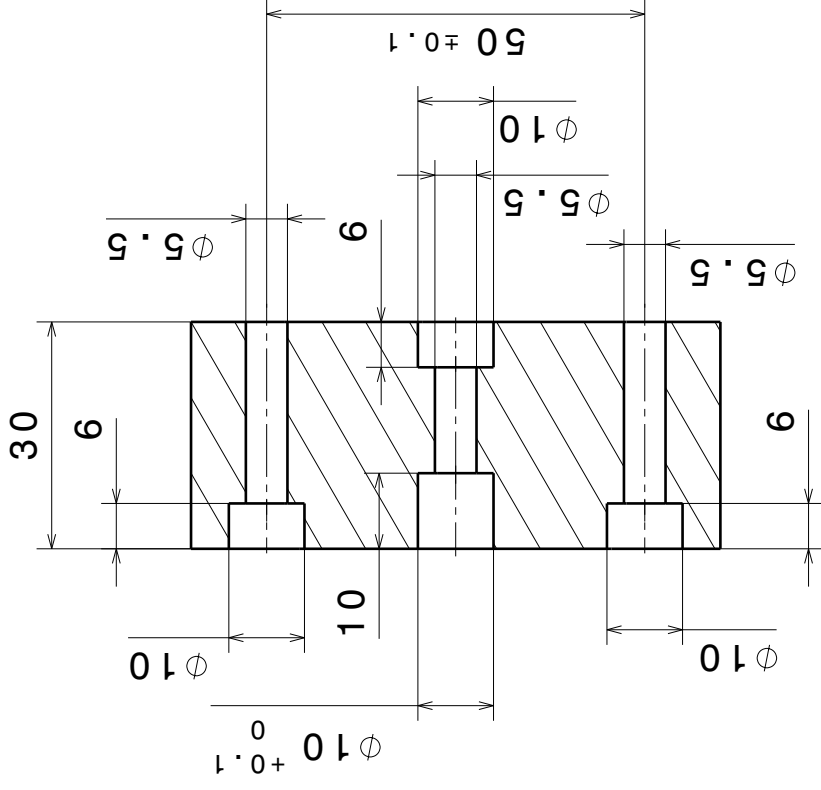
A-A



Alle nicht bemaßten
Fasen 0,5x45°

Fakultät 03 Maschinenbau Fahrzeugtechnik Flugzeugtechnik		Allgemein- toleranzen ISO 2768-m		Werkstück- kanten DIN 6784		Maßstab: 1:1	Menge: 1
		Bearb. 06.05.15	Datum 06.05.15	Name Wiegele		Werkst./Halbz. Werkstoff: Aluminiumlegierung Rohteil - Nr.	
		Gepr.				Bauteilbezeichnung	
		Norm				Platte I	
		HOCHSCHULE UNIVERSITÄT MÜNCHEN		Zeichnungsnr. SH-P I		Blatt	
Zust	Änderung	Datum	Name	Erstellt mit CATIA V5		Betr.	Semester
-							

A-A



Alle nicht bemaßten
Fasen $0,5 \times 45^\circ$

Fakultät 03 Maschinenbau Fahrzeugtechnik Flugzeugtechnik	Allgemein- toleranzen		Werkstück- kanten		Maßstab:	Menge:
	ISO 2768-m		DIN 6784		1:1	1
	Bearb.	Datum	Name		Werkst./Halbz. Werkstoff: Aluminiumlegierung	
	06.05.15		Wiegele		Rohteil - Nr.	
	Gepr.				Bauteilbezeichnung	
	Norm				Platte II	
					Zeichnungsnr. SH-P II	
					Blatt	
					DIN A4	
Zust	Änderung	Datum	Name	Betr.		
-				Semester		



HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN
MÜNCHEN

Erstellt mit CATIA V5