

Metra fertigt eine Vielzahl von Beschleunigungsaufnehmern mit eingebautem Impedanzwandler oder Vorverstärker. Dieser wandelt das hochimpedante Signal der Piezokeramik in ein Spannungssignal niedriger Impedanz um. Dafür verwendet Metra den etablierten IEPE-Standard, wodurch Kompatibilität zu Sensoren und Messgeräten vieler anderer Hersteller gewährleistet ist. Die Abkürzung IEPE steht für "Integrated Electronics Piezo Electric". Andere Bezeichnungen für dasselbe Prinzip sind ICP[®], Isotron[®], Deltatron[®], Piezotron[®] etc. Die eingebaute Elektronik wird über Konstantstrom versorgt (vgl. Bild 1). Die Besonderheit liegt darin, dass Versorgungsstrom und Sensorsignal über das gleiche Kabel übertragen werden. Über dem Sensor bildet sich dabei eine positive Arbeitspunktspannung. Das Schwingensignal wird vom Sensor zurück übertragen, indem es der Arbeitspunktspannung aufmoduliert wird. Der Koppelkondensator C_c vor dem Messgeräteingang dient zur Auskopplung des Gleichanteils. Da die Ausgangsimpedanz üblicher IEPE-Aufnehmer unter 100Ω liegt, darf das Kabel bis zu einigen hundert Metern lang sein, ohne dass die Signalqualität darunter leidet. Auf teure störarme Kabel kann zugunsten preiswerter Koaxialkabel verzichtet werden.

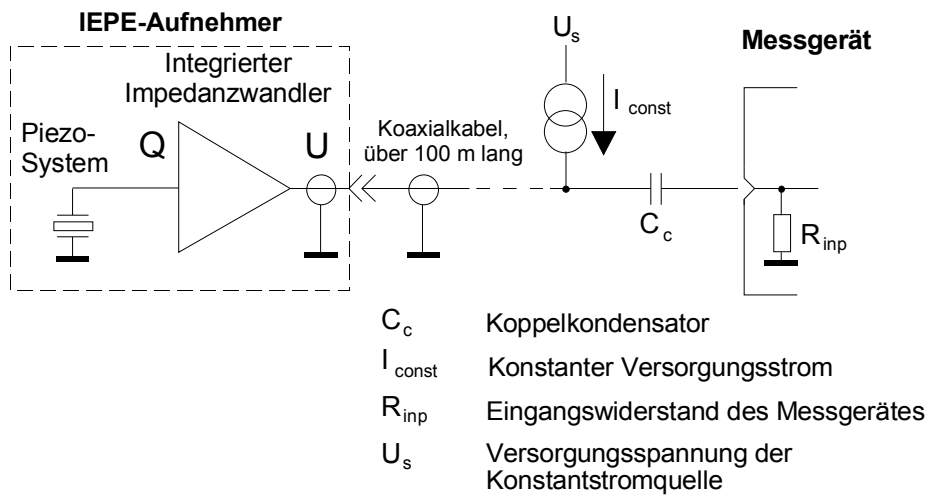


Bild 1: IEPE-Prinzip

Der Konstantstrom kann zwischen 2 und 20 mA liegen (Nicht mit dem 4-20 mA-Stromschleifenstandard verwechseln!). Je kleiner der Speisestrom, desto höher wird die Ausgangsimpedanz und damit die Störempfindlichkeit. Ein Konstantstrom von 4 mA liefert in den meisten Fällen ein sinnvolles Optimum zwischen Störfestigkeit und Strombedarf. Die Arbeitspunktspannung am Sensorausgang, d.h. die Ruhespannung ohne Beschleunigung, liegt bei Metra-Sensoren im Bereich von 8 bis 12 V. Sie ist von der Temperatur und vom Speisestrom abhängig. Um diese Arbeitspunktspannung oszilliert das Sensorsignal (vgl. Bild 2). Die Sensorspannung kann dabei nie negativ werden. Die obere Aussteuerungsgrenze wird durch die Versorgungsspannung der Konstantstromquelle bestimmt. Diese sollte im Bereich von 24 bis 30 V liegen. Die untere Aussteuerungsgrenze wird durch die Sättigungsspannung des integrierten Impedanzwandlers bestimmt und liegt bei etwa 0,5 V. Metra garantiert eine Mindestaussteuerbarkeit von ± 6 V.

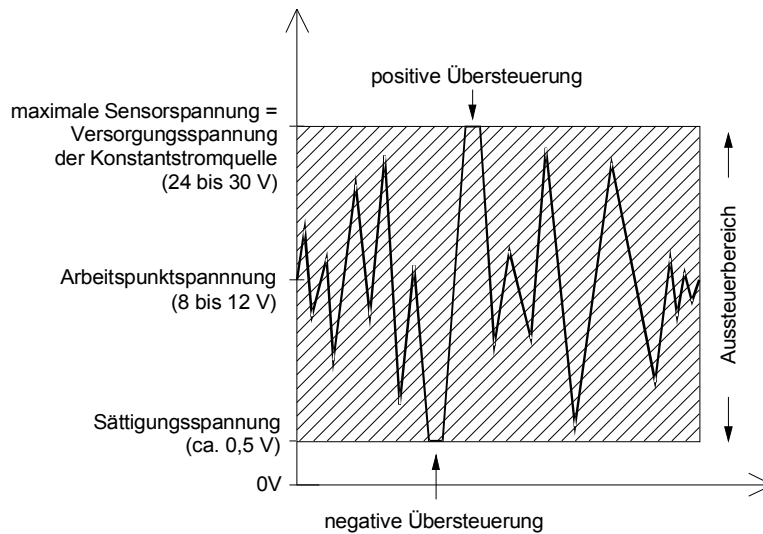


Bild 2: Aussteuergrenzen IEPE-Sensoren

Die untere Grenzfrequenz der IEPE-Beschleunigungsaufnehmer von Metra liegt bei 0,3 Hz für Scher- und Biegesysteme sowie bei 3 Hz für Kompressionssysteme. Die obere Grenzfrequenz hängt hauptsächlich von der mechanischen Konstruktion ab.

Bei längeren Kabeln muss ggf. die Kabelkapazität für die obere Grenzfrequenz mit in Betracht gezogen werden. Typische Koaxialkabel für IEPE-Aufnehmer, wie sie von Metra geliefert werden, haben eine Kapazität von ca. 100 pF/m.

Bild 3 zeigt die maximale Aussteuerbarkeit über die Frequenz mit den Parametern Kabelkapazität und Speisestrom. Mit steigender Kabelkapazität sinkt die Aussteuerbarkeit. Ursache ist die verringerte Spannungsanstiegsgeschwindigkeit des Verstärkers durch umzuladende Kapazitäten. Bei sehr langen Kabeln ist nur noch bei Frequenzen bis zu einigen hundert Hertz Vollaussteuerung von ± 6 V möglich. Dieser Effekt kann durch Erhöhung des Speisestroms in gewissen Grenzen kompensiert werden. Bis zu 10 nF Kabelkapazität (entspricht 100 m Standardkabel) ist bei 4 mA Speisestrom keine Einschränkung der Aussteuerbarkeit zu erwarten.

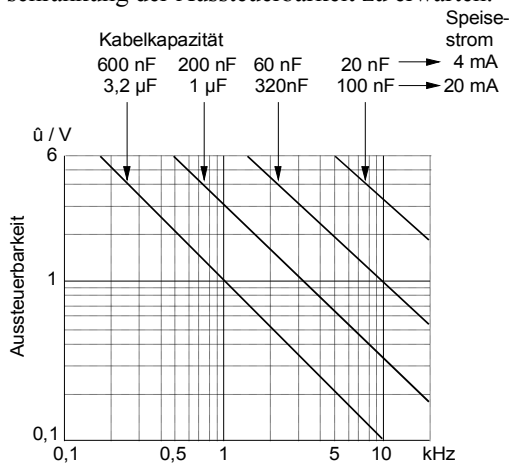


Bild 3: Aussteuerbarkeit eines IEPE-Impedanzwandlers in Abhängigkeit von Kabelkapazität und Speisestrom

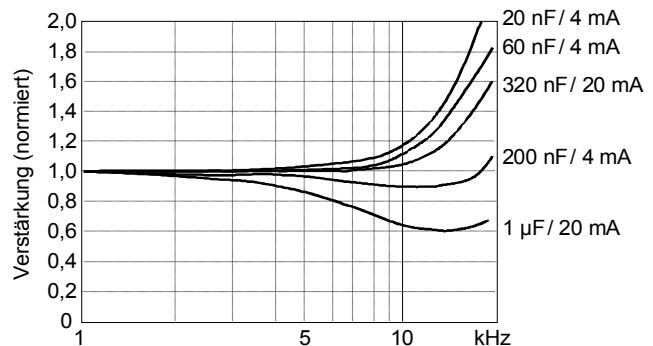


Bild 4: Frequenzgang eines IEPE-Impedanzwandlers in Abhängigkeit von Kabelkapazität und Speisestrom

Bild 4 zeigt den Frequenzgang der Sensorelektronik bei unterschiedlichen Kabelkapazitäten und Speiseströmen. Bei höheren Kapazitäten sinkt die obere Grenzfrequenz. Ursache ist der RC-Tiefpass, der sich aus Aufnehmerinnenwiderstand und Kabelkapazität bildet. Bei 4 mA kann bis zu einer Kabelkapazität von ca. 50 nF (entspricht 500 m Standardkabel) mit einer unwesentlichen Verfälschung des Frequenzganges gerechnet werden.

Im Allgemeinen werden heute IEPE-Beschleunigungsaufnehmer denen mit Ladungsausgang vorgezogen. Es gibt jedoch Anwendungsfälle, in denen letztere überlegen sind. Die folgende Tabelle vergleicht Vor- und Nachteile beider Sensortypen:

	IEPE-Ausgang	Ladungsausgang
Vorteil	<ul style="list-style-type: none">• Empfindlichkeit wird nicht von Länge und Art des Kabels beeinflusst• Niederimpedanter Ausgang erlaubt lange Sensorkabel• Keine Spezialkabel erforderlich• Einfache Selbsttestfunktion möglich• Bessere Beständigkeit gegenüber Schmutz und Feuchtigkeit	<ul style="list-style-type: none">• Keine Stromversorgung erforderlich - ideal für Batteriegeräte• Kein Rauschen - höchste Auflösung• Hoher Dynamikbereich• Höhere Umgebungstemperaturen möglich• Kleinere Bauformen möglich
• Nachteil	<ul style="list-style-type: none">• Konstantstromspeisung erforderlich• Interne Rauschquelle durch die Elektronik• Umgebungstemperatur begrenzt auf <120 °C	<ul style="list-style-type: none">• Nur kurze Sensorkabel• Spezielle störarme Kabel erforderlich• Ladungsverstärker erforderlich