



Zerspankraftmessung in Research & Development

Präzise Messsysteme für die spanabhebende Fertigung



Absolute Aufmerksamkeit für die Welt von morgen

Kistler entwickelt messtechnische Lösungen, bestehend aus Sensoren, Elektronik, Systemen und Services. Im physikalischen Grenzbereich von Emissionsreduktion, Qualitätskontrolle, Mobilität und Fahrzeugsicherheit erbringen wir Spitzenleistungen für eine zukunftsfähige Welt und schaffen ideale Voraussetzungen für Industrie 4.0. So ermöglichen wir Innovation und Wachstum – für und mit unseren Kunden.



Kistler steht für Fortschritte in der Motorenüberwachung, Fahrzeugsicherheit und Fahrdynamik und liefert wertvolle Daten für die Entwicklung der effizienten Fahrzeuge von morgen.



Kistler Messtechnik sorgt für Höchstleistungen in Sportdiagnostik, Verkehrsdatenerfassung, Zerspankraftanalyse und anderen Anwendungen, wo unter Extrembedingungen absolute Messsicherheit gefragt ist.



Kistler Systeme unterstützen sämtliche Schritte einer vernetzten, digitalisierten Produktion und sorgen für maximale Prozesseffizienz und Wirtschaftlichkeit in den Smart Factories der nächsten Generation.

Inhalt

Grundlagen der Zerspankraftmessung	4
Überblick über Dynamometer	6
Kraft- und Momentenmessung	8
Stationäre Dynamometer	8
Rotierende Dynamometer	10
Zerspankraftmessung	12
Fräsen	12
Bohren	14
Drehen	16
Schleifen	18
Mikrozerspanung	19
Anwendungsbeispiele	20
Produkte	23
Stationäre Dynamometer	23
Rotierende Dynamometer	34
Verstärken, Erfassen und Auswerten – alles aus einer Hand LabAmp Familie	38
LabAmp Famme	
Messketten	42
Stationäre Dynamometer	42
Rotierende Dynamometer	42
Ladungsverstärker	44
Datenerfassungssystem mit integriertem Ladungsverstärker	45
Datenerfassungssystem	46
Software	46
Verbindungskabel, hochisolierend	48
Zubehör	49
Weitere Sensoren für Frequenzanalysen	49
Kistler Service: Kundenspezifische Lösungen von A bis Z	50
Weltweit im Einsatz für unsere Kunden	5′



Fräsen von hochlegiertem Stahl mit Dynamometer Typ 9255C

Grundlagen der Zerspankraftmessung

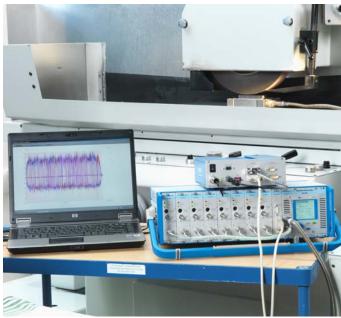
Die spanabhebende Bearbeitung ist nach wie vor die wichtigste Art des Formens und bildet die Grundlage für technische Erzeugnisse aller Art. Weil die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Zerspanprozesse und Fertigungserzeugnisse gestiegen sind, hat sich diese Art der Fertigung in den letzten Jahrzehnten stark verändert.

Von Fertigungserzeugnissen wird unabhängig von der Losgröße erwartet, dass sie qualitativ überzeugen und wirtschaftlich sind. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind detaillierte Kenntnisse der Zerspanvorgänge zwingend notwendig. Wichtige Indikatoren sind dabei die auftretenden Kräfte und Momente, die Aussagen über die Qualität des Fertigungsprozesses überhaupt erst ermöglichen. In der Zerspanung lassen sich hochdynamische Kräfte nur mit Sensorsystemen messen und analysieren, die ausgeklügelt und für den Einsatz in rauen Maschinenumgebungen entwickelt worden sind.

Erfassung hochdynamischer Kräfte beim Zerspanen

Piezoelektrische Sensoren von Kistler erfassen hochdynamische Prozesse mit einer optimalen Signalqualität. Sie geben wertvolle Einblicke in den eigentlichen Prozess und bilden die Grundlage für sichere, produktive und reproduzierbare Fertigungsprozesse.





Entwicklung und Beurteilung von Werkzeugen und Werkstoffen

- Optimierung von Werkzeugen und Spannmitteln unter realen Einsatzbedingungen
- Bewertung von Kühlschmierstoffen
- Ermittlung der Zerspanbarkeit von Werkstoffen
- Verifizieren von Simulationen und Prozessmodellen
- Herausstellen einzigartiger Produktmerkmale

Prozessanalyse und -optimierung

- Analyse von Zerspanprozessen und gezielte Fehlerdiagnose
- Vergleich und Entwicklung von Bearbeitungsstrategien
- Identifikation von ungünstigen Zerspansituationen
- Identifikation von ungenutzten Potentialen: Werkzeugstandzeit und Produktivität
- Identifikation von Einflüssen unterschiedlicher Werkstoffchargen

Prozesse

- Drehen, Fräsen, Bohren, Sägen, Gewindebohren, Räumen, Wälzfräsen, uvm.
- Schleifen, Honen, Polieren, uvm.

Vorteile der Kraftmesstechnik von Kistler

- Hohe Steifigkeit und Eigenfrequenzen ermöglichen die Auflösung einzelner Schneideneingriffe
- Messung von drei Kraftrichtungen und Drehmoment
- Messbereich von Mikro- bis Schwerzerspanung
- Robust und kühlschmiermittelfest (IP67)
- Einfache Integration und Handhabung dank kompaktem Aufbau
- Äußerst langlebig



Überblick über Dynamometer





Stationäre Dynamometer

Ein stationäres Dynamometer ist häufig das verbindende Element zwischen Maschinentisch der Werkzeugmaschine und Werkstück. Das Werkstück wird auf dem Dynamometer befestigt, so dass sich die Reaktionskräfte in Fertigungsprozessen wie dem Fräsen oder Bohren messen lassen. Auch bei Drehanwendungen können stationäre Dynamometer eingesetzt werden. Sie werden mit entsprechenden Maschinenadaptern direkt am Revolverkopf angebracht. Das Werkzeug wird anschließend mit einem passenden Werkzeughalter auf dem Dynamometer platziert. Die auftretenden Kräfte werden abhängig vom Aufbau von einem oder mehreren Mehrkomponenten-Kraftsensoren aufgenommen und stehen am Stecker des Dynamometers in Form von Ladungssignalen zur Verfügung.

Rotierende Dynamometer

Rotierende Dynamometer (RCD) werden über die Spindelschnittstelle direkt von der Maschinenspindel aufgenommen. Das Werkzeug wird mit Hilfe eines Werkzeughalters an das RCD montiert. Verwendung findet das RCD primär in Fräs- und Bohrprozessen. Im Gegensatz zu stationären Dynamometern ist in einem RCD nur jeweils ein Mehrkomponenten-Sensor verbaut, der auch das Moment direkt am Werkzeug misst. Der Rotor enthält neben dem Sensor auch die Ladungsverstärker sowie die Telemetrie-Elektronik. Die Messdaten werden über eine Datenübertragungstechnologie an einen Signalkonditionierer übertragen, wo sie anschließend als analoge Spannungssignale zur Verfügung stehen. Je nach System wird eine andere Datenübertragungstechnologie verwendet.

		Тур	Messbare Kompo- nenten	Temperatureinflüsse minimiert	Drehen	Fräsen	Bohren/Gewinden	Schleifen	Mikrozerspanung	Anwendung	Seite
rotierend		9170B	F _x , F _y , F _z ,	nein						Rotierendes System zur Messung am Werkzeug mit hoher Drehzahl bis 16 000 U/min und kleinen bis mittleren Kräften	34
rotie	-	9171A	F _x , F _y , F _z ,	nein						Rotierendes System für große Kräfte und Drehzahlen bis 12 000 U/min, hohe Flexibilität dank unterschiedlicher Adapter	36
	0	9109AA	F _x , F _y , F _z	ja						Spezialist für die Mikrobearbeitung mit Kräften kleiner 1 N bis 500 N und Drehzahlen bis 160 000 U/min	23
		9119AA1	F _x , F _y , F _z	ja						System für die Tischmontage bei der Feinbearbeitung mit Kräften von kleiner 1 N bis 4000 N und Drehzahlen bis 60000 U/min	24
		9119AA2	F _x , F _y , F _z	ja						Feinbearbeitungsspezialist, geeignet für die Tischmontage oder als modulares System zur Montage an Drehrevolvern	24
	THE STATE OF THE S	9129AA	F _x , F _y , F _z	ja						Bestseller und Allrounder für die Tisch- montage oder als modulares System für die Montage an Drehrevolvern	26
onär	The state of the s	9139AA	F _x , F _y , F _z	ja						Kompakte Lösung für etwas größere Kräfte bis 30 000 N	28
stationär	D	9257B	F _x , F _y , F _z	nein						Klassiker für die Tischmontage und Kräfte bis 10 000 N	29
		9255C	F _x , F _y , F _z	nein						Robuste Plattform, optimiert für mitt- lere bis extrem große Kräfte von bis zu 60 000 N	30
		9253B	F _x , F _y , F _z	nein						Lösung für große Werkstücke bei werkstückseitiger Messung	31
		9272	F _x , F _y , F _z , M _z	nein						Spezialist für Bohrversuche mit direkter Drehmomentmessung im Zentrum der Plattform	32
		9366CC	F _x , F _y , F _z	nein						Vorgespanntes und fertig kalibriertes Set von Kraftsensoren für den Aufbau von kundenspezifischen Aufspannlö- sungen	33

geeignet bedingt geeignet

Stationäre Dynamometer: Kraft- und Momentenmessung

Anwendung

Alle stationären 3-Komponenten-Dynamometer besitzen die Eigenschaft, dass sie sowohl als reines 3-Komponenten-Dynamometer als auch als 6-Komponenten-Dynamometer eingesetzt werden können. Möglich macht das eine entsprechende Verschaltung der vier 3-Komponenten-Kraftsensoren im Inneren des Dynamometers. Die Kräfte F_x , F_y und F_z werden dabei direkt gemessen, während die Momente M_x , M_y und M_z mit Hilfe der einzelnen Kraftkomponenten und Sensorabstände berechnet werden. Die Dynamometer lassen sich dank passender Adapter sowohl auf dem Frästisch als auch auf Drehmaschinen-Revolvern montieren.

Aufbau eines stationären Dynamometers

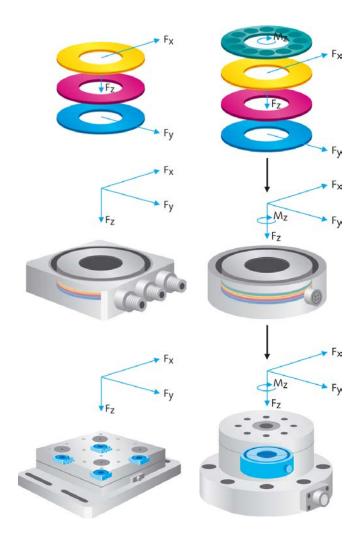
Die Dynamometer bestehen aus Mehrkomponenten-Kraftsensoren, die unter hoher Vorspannung zwischen zwei Grundplatten und einer Deckplatte eingebaut sind. Die Vorspannung ist notwendig, damit Reibungskräfte übertragen werden können. Die Kraftsensoren sind masseisoliert eingebaut und schalten Erdschleifenprobleme damit weitgehend aus. Die Dynamometer erfüllen die Anforderungen der Schutzart IP 67, sind rostbeständig und gegen das Eindringen von Spritzwasser und Kühlmittel geschützt. Auf der Deckplatte sind verschiedene Bohrungen und Gewindebohrungen vorhanden, die eine Vielzahl an Spannmöglichkeiten anbieten.

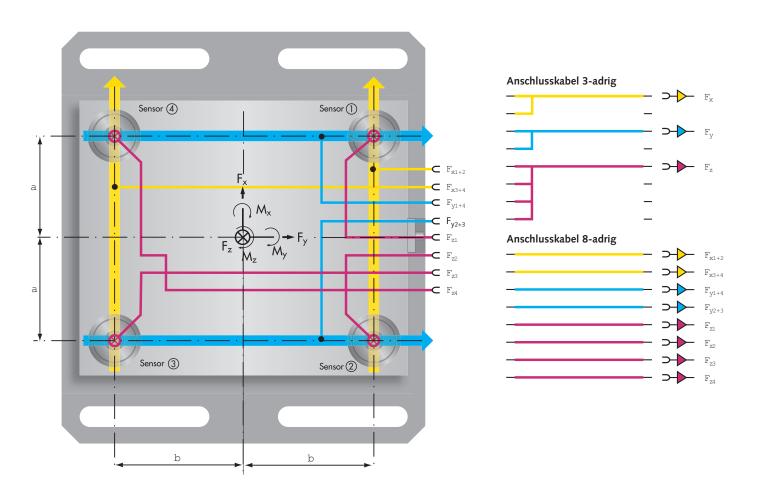
Messkette mit stationären Dynamometer

Die Messkette der stationären Dynamometer besteht aus einem Sensor und einem Ladungsverstärker mit einer Datenerfassungsbox für die Signalaufzeichnung oder nur einem LabAmp (Labor-Ladungsverstärker und Datenerfassungsbox in einem Gerät).

Vorteile eines stationären Dynamometers

- Stationäre Dynamometer können sehr vielseitig eingesetzt werden. Ob beim Fräsen, Bohren, Drehen oder einer anderen Bearbeitungsart – es sind fast keine Grenzen gesetzt
- Dank Piezotechnologie und der robusten Geometrie lassen sich auch kleine Kräfte mittels großer Dynamometer messen
- Bei richtigem Einsatz erreichen die Dynamometer von Kistler eine enorm hohe Lebensdauer





3-Komponenten-Kraftmessung

Bei der 3-Komponenten-Kraftmessung werden die acht Ausgangssignale vom Dynamometer, gemäß Bild, im 3-adrigen Anschlusskabel summiert. Für die Umwandlung der Ladungssignale in proportionale Ausgangsspannungen werden drei Ladungsverstärker benötigt.

Berechnung der drei Kräfte F_{x_r} , F_y , F_z und drei Momente M_{x_r} , M_y , M_z

 $F_x = F_{x1+2} + F_{x3+4}$

 $F_y = F_{y1+4} + F_{y2+3}$

 $F_z = F_{z1} + F_{z2} + F_{z3} + F_{z4}$

 $M_x = b (F_{z1} + F_{z2} - F_{z3} - F_{z4})$

 $M_y = a (-F_{z1} + F_{z2} + F_{z3} - F_{z4})$

 $M_z = b (-F_{x1+2} + F_{x3+4}) + a (F_{y1+4} - F_{y2+3})$

6-Komponenten-Kraft- und Momentmessung

Bei der 6-Komponenten-Kraft- und Momentmessung werden die acht Ausgangssignale im 8-adrigen Anschlusskabel direkt zu den acht Ladungsverstärkern geführt. Diese wandeln die Ladungssignale in proportionale Ausgangsspannungen um und berechnen, je nach Ausprägung des Ladungsverstärkers, auch die Momente M_{x_r} , M_y und M_z .

Berechnen der Kräfte und Momente

Das Berechnen der drei Kräfte F_x , F_y und F_z sowie der drei Momente M_x , M_y und M_z erfolgt in der Software DynoWare von Kistler oder analog mit dem 6-Komponenten-Summier-Rechner im Ladungsverstärker. Für das Berechnen der Momente muss der Abstand der Sensoren miteinbezogen werden.

Rotierende Dynamometer: Kraft- und Momentenmessung

Anwendung

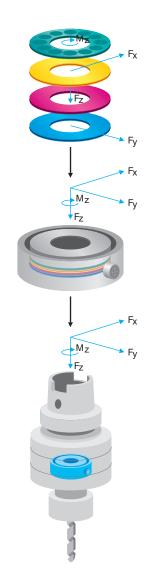
Mit einem rotierenden Dynamometer lassen sich die drei orthogonalen Kräfte F_x , F_y und F_z sowie das Drehmoment M_z bei spanenden Fertigungsverfahren, insbesondere beim Fräsen und beim Bohren, messen. Der 4-Komponenten-Kraftsensor ist zwischen Spindel und Werkzeug eingebaut. Die Erfassung der Kräfte und des Momentes erfolgt nahe an der Werkzeugschneide, so dass der angreifende Kraftvektor an Werkzeugen dabei direkt ermittelt werden kann.

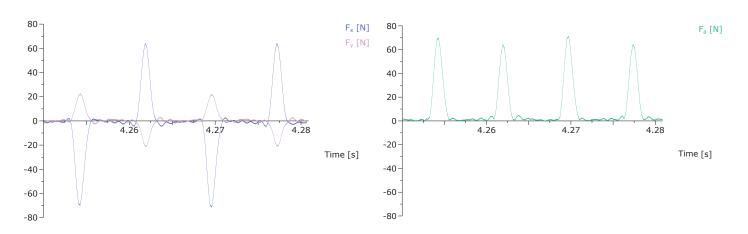
Aufbau eines rotierenden Dynamometers (RCD)

Der Rotor des Messsystems mit dem Kraftsensor ist im eingebauten Zustand verbunden mit der Maschinenspindel und rotiert entsprechend mit. Das bedeutet, dass auch das Koordinatensystem des RCD um die vertikale Z-Achse rotiert. Das RCD kann mit verschiedenen Spindeladaptern bestellt werden und erlaubt so den Einsatz auf einer Vielzahl von Maschinentypen.

RCD Messkette

Die Messkette eines rotierenden Dynamometers (RCD) besteht aus einem Rotor mit integrierter Ladungsverstärkung, Spannungsversorgung und Drahtlos-Kommunikation, sowie einem Signalkonditionierer welcher die empfangenen digitalen Daten vom Rotor aufbereitet und zur Analyse bereitstellt.

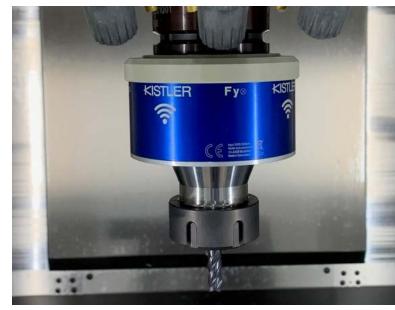




Kraftsignale vom Fräsen mit zweischneidigem Werkzeug beim Schlichten; links: Kräfte in x- und y-Richtung des rotierenden Dynamometers; rechts: resultierende Aktivkraft in der x-y-Ebene

Vorteile eines rotierenden Dynamometers

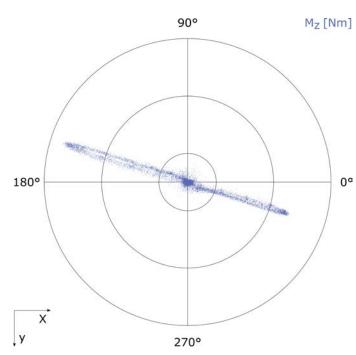
- Das zur Zerspanung aufzubringende Drehmoment wird direkt gemessen. Das erlaubt eine akkurate Aussage über den Zustand des Werkzeuges, beispielsweise über den Verschleiß
- Der Rotor eines rotierenden Dynamometers rotiert mit dem Werkzeug mit und quantifiziert damit die mechanische Belastung direkt im Werkzeugkoordinatensystem
- Die Unabhängigkeit von Werkstückmasse, -dimension und -form ermöglicht die Kraft- und Momentmessung des Zerspanprozesses an aufwändigen und kostenintensiven Bauteilen



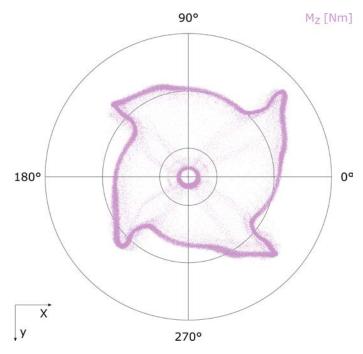
Rotierendes Dynamometer in der Fräsanwendung

RCD Koordinatensystem

Das Koordinatensystem der RCD rotiert mit dem Werkzeug mit. So lassen sich die schneidenbezogene tangetiale und normale Zerspankraft (Fc und FcN), zum Beispiel während dem Planfräsen (siehe unten), direkt bestimmen. Zusätzlich kann die Zerspankraft auch in einem Polardiagram dargestellt werden.



Polarplot Fräsen mit zweischneidigem Werkzeug beim Schlichten



 $Polarplot\ Fr\"{a}sen\ mit\ vierschneidigem\ Werkzeug\ im\ Halbschnitt$

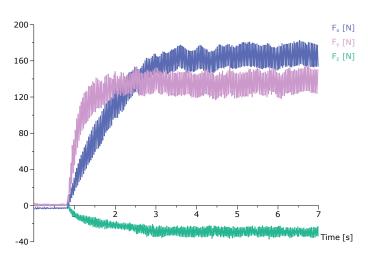


Fräsen mit stationärem Dynamometer Typ 9129AA

Zerspankraftmessung: Fräsen

Stationäre Dynamometer

Das stationäre Dynamometer wird auf den Maschinentisch montiert und das Werkstück darauf aufgebaut. Um die Masse auf dem Dynamometer und damit den negativen Einfluss auf die Dynamik des Dynamometers zu reduzieren, wird das Werkstück direkt darauf verschraubt und damit auf schwere und oftmals nichtsteife Schraubstöcke verzichtet. Die in der Arbeitsebene wirkende Aktivkraft F_a lässt sich mit einfachen Schritten aus Vorschubkraft und Vorschubnormalkraft berechnen.



Typische Messsignale beim Fräsen (erfasst mit stationärem Dynamometer)

Ein rotierendes Dynamometer (RCD) wird direkt in die Maschinenspindel eingesetzt, während das Werkzeug über entsprechende Werkzeughalter mit dem RCD verbunden ist. Durch die Verbindung zur Maschinenspindel dreht sich das RCD während des Betriebs mit. Im Vergleich zu stationären Dynamometern besitzt das RCD zwei Vorteile: Einerseits wird die Dynamik des Messinstrumentes nicht durch sich ändernde Massen beeinflusst, da die Werkzeugmasse konstant bleibt. Andererseits ist es mit Hilfe des eingebauten Mehrkomponenten-Sensors möglich, das Moment Mz während der gesamten Messung direkt zu messen, womit beispielsweise gezielte Aussagen über den Werkzeugverschleiß möglich werden.

Auch bei Verwendung von RCDs lässt sich die auf der Arbeitsebene wirkende Aktivkraft F_a mit einfachen Schritten aus den Kräften F_x und F_y berechnen. Die wirkende Schnittkraft F_c und die Schnittnormalkraft F_{cN} lassen sich mit Hilfe des Drehmomentes M_z und der Aktivkraft berechnen.

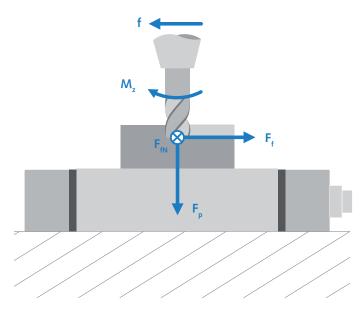
 F_f

 F_{fN}

 F_p

 M_z

 F_p



Kräfte und Drehmoment beim Stirnfräsen

Messbare Kräfte beim Fräsen mit stationärem Dynamometer

- Vorschubkraft (Kraft in Vorschubrichtung des Werkzeugs)
- Vorschubnormalkraft (Kraft senkrecht zu F_f)
- Passivkraft

Messbare Kräfte beim Fräsen mit rotierendem Dynamometer

- Spindeldrehmoment
 - Passivkraft
- Kräfte F_x und F_y in der Arbeitsebene

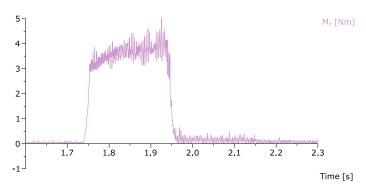


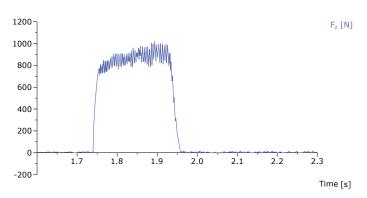
Bohren mit rotierendem Dynamometer Typ 9170A

Zerspankraftmessung: Bohren

Für die Messung der Prozesskräfte können beim Bohren stationäre und rotierende Dynamometer (RCD) eingesetzt werden. Ein RCD wird direkt in die Maschinenspindel eingesetzt, während das Werkzeug durch entsprechende Werkzeughalter mit ihm verbunden wird. Durch die Verbindung zur Maschinenspindel dreht sich das RCD während des Betriebs mit.

Die auf das Bohrwerkzeug wirkende Schnittkraft F_c und Passivkraft F_p lassen sich mit Hilfe des Bohrmomentes M_z und den Abdrängkräften F_x , F_y berechnen, während die Vorschubkraft F_f direkt ermittelt werden kann.



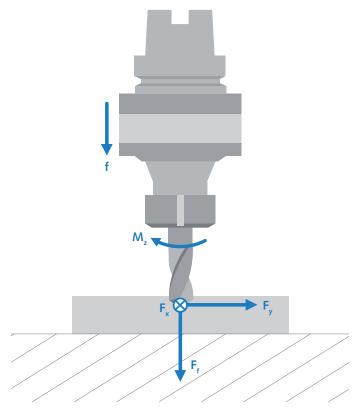


Typische Messsignale beim Bohren (erfasst mit rotierendem Dynamometer)

Rotierende Dynamometer eignen sich optimal für die Kraftmessung beim Bohren. Sie messen das Bohrmoment direkt und erfassen den Verschleißzustand von Werkzeugen im Prozess sauber.

Stationäre Dynamometer

Auch stationäre Dynamometer sind für die Erfassung der Kräfte beim Bohren geeignet. Sie messen die Kräfte in drei Richtungen. Dabei wird das Drehmoment jedoch nicht direkt erfasst, sondern aus den verschiedenen Messsignalen der Kraftsensoren berechnet.



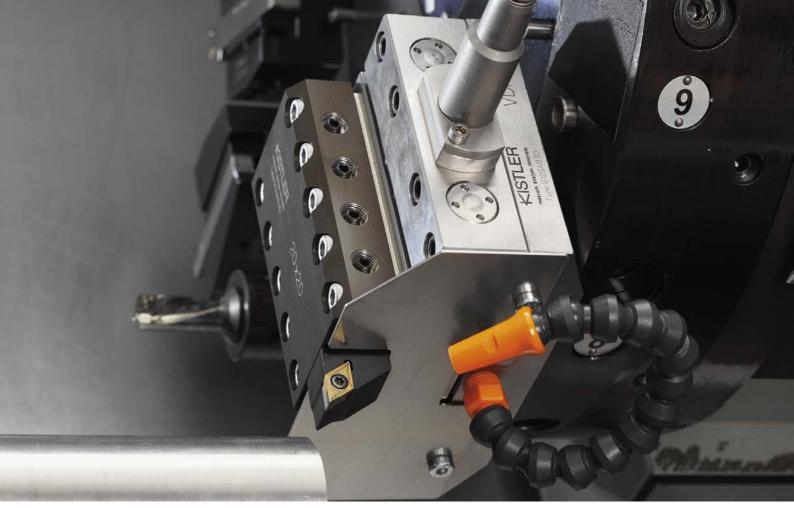
Kräfte und Drehmoment beim Bohren

Direkt messbare Komponenten bei Bohrprozessen mit rotierendem Dynamometer

•	Bohrmoment	$M_{z} \\$
•	Abdrängkraft	F_x
•	Abdrängkraft	F_y
•	Vorschubkraft	F_f

Direkt messbare Komponenten bei Bohrprozessen mit stationärem Dynamometer

 Vorschubkraft 	F_f
 Abdrängkraft 	F_{x}
 Abdrängkraft 	F_y



Drehen mit Dynamometer Typ 9129AA

Zerspankraftmessung: Drehen

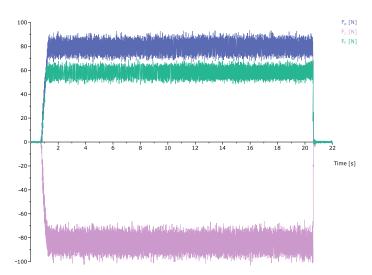
Drehen als Modellfall des Spanens

Das Drehen, insbesondere das Längsrunddrehen, ist ein Modellfall des Spanens mit geometrisch bestimmter Schneide und wird aufgrund der konstanten Eingriffsverhältnisse eingesetzt, um spezifische Kräfte (k_c , k_p , k_f) von bestimmten Werkstoffen mit verschiedenen Randbedingungen zu bestimmen und diese zu charakterisieren. Die Zerspankraftmessung kommt während des Drehens zum Einsatz, um plastomechanische Vorgänge im eigentlichen Schnittvorgang zu untersuchen, die Spanbildung und deren Einfluss auf den Prozess zu analysieren oder Verschleißvorgänge mit Kraftverläufen zu unterlegen.

Stationäre Dynamometer beim Drehen

Um die Kräfte beim Drehen zu messen, werden stationäre Dynamometer eingesetzt. Diese teilweise modular aufgebauten Dynamometer werden üblicherweise mit Hilfe eines passenden Adapters am Revolverkopf der Werkzeugmaschine montiert. Das Werkzeug wird mit einem Werkzeughalter auf dem Dynamometer befestigt, wodurch das Dynamometer zwischen dem Werkzeug und dem Revolverkopf eingebettet ist. Mit diesem Aufbau lassen sich die Kräfte akurat und hochdynamisch erfassen, so dass auch kleinste Änderungen in der Prozesskette sofort quantifiziert werden können.

Die durch den Drehprozess erzeugte Zerspankraft wird mit Hilfe von Mehrkomponenten-Dynamometern unmittelbar in die drei Komponenten Schnittkraft F_c , Vorschubkraft F_f sowie Passivkraft F_p aufgeschlüsselt.



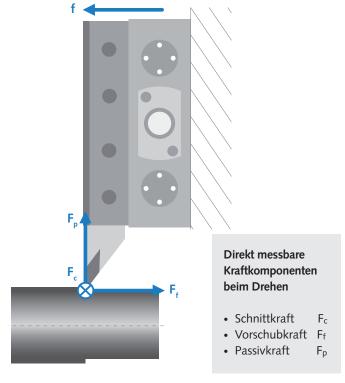
Typische Messsignale beim Drehen



Grundlagenversuche beim Drehen mit Dynamometer Typ 9129AA

Modularität stationärer Dynamometer

Je nach Baugröße der Werkzeugmaschine, der Werkzeuge und den Belastungen stehen dem Anwender mehrere Dynamometer zur Zerspankraftmessung beim Drehen zur Verfügung. Sie sind modular aufgebaut und können in wenigen Arbeitsschritten mit verschiedenen Maschinenadaptern und Werkzeughaltern ausgerüstet werden. Aufgrund ihres Aufbaus werden negative thermische Effekte minimiert, wodurch die Signalqualität und deren Aussagekraft deutlich gesteigert werden.



Kräfte beim Längsdrehen

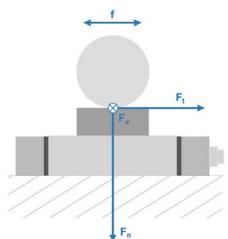


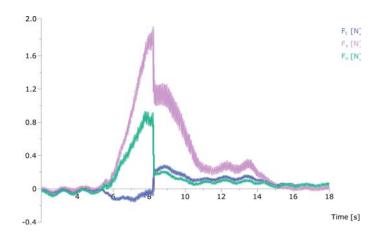
Schleifen mit Dynamometer Typ 9129AA

Zerspankraftmessung: Schleifen

Innerhalb der Fertigungsverfahren ist das Schleifen bei der Bauteilherstellung häufig der abschließende Bearbeitungsvorgang. Ihm kommt deshalb eine große Bedeutung zu, wenn es um die Qualität des Fertigteils geht.

Neben dem Erreichen von fest definierten Qualitätsanforderungen wie Rauheit und Randzoneneigenschaften gilt es auch unbedingt, Fertigungsfehler wie Schleifbrand und Schleifrisse zu vermeiden. Aus diesem Grund ist es von Bedeutung, die Zusammenhänge zwischen Prozesseingangs- und -ausgangsgrößen zu verstehen. Die Zerspankraftmessung ist hierbei eine adäquate Messgröße, um die Wirkzusammenhänge zu ermitteln und Ursachen von unerwünschten Ergebnissen zu identifizieren. Das breite Produktportfolio und die Flexibilität der Dynamometer ermöglichen die Kraftmessung bei unterschiedlichsten Schleifprozessen.





Typische Messsignale beim Schleifen

Direkt messbare Kraftkomponenten beim Schleifen

- Normalkraft F_n
- Axialkraft Fa
- Tangentialkraft Ft

18 ↓ F_n www.kistler.com

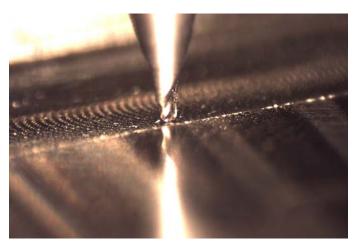
Zerspankraftmessung: Mikrozerspanung



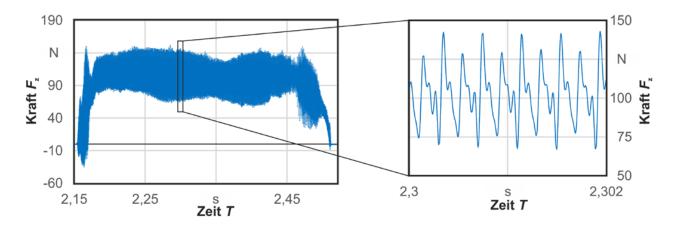
MicroDyn 9109AA auf einem Bearbeitungstisch eines Bearbeitungszentrums für die Mikrozerspanung

Die Mikrozerspanung stellt besonders hohe Anforderungen an die Messtechnik hinsichtlich Sensitivität und Dynamik der zu erfassenden Signale. So kommen in der Mikrozerspanung Kräfte von unter 1 N bis hin zu Kräften über 250 N vor. Dies gilt es in einem Prozessablauf sauber und präzise abzubilden. Ein weiteres wichtiges Kriterium um die Prozessdynamik zu erfassen, ist die Eigenfrequenz der Messtechnik. Liegen die Eigenfrequenzen der Kraftmesstechnik in einem zu kleinen Frequenzbereich, wird der Messaufbau zu stark angeregt. Dann besteht die Gefahr, dass eher die Amplituden der Kraftsignale im hohen Frequenzbereich überhöht dargestellt werden. Im schlimmsten Fall wird der Messaufbau in der Eigenfrequenz angeregt und die Schwingung des Aufbaus ist größer als die eigentlich im Prozess auftretenden Kräfte. Dies gilt es unbedingt zu verhindern.

Die piezoelektrische Messtechnik eignet sich sehr gut, um die Anforderungen der Mikrozerspanung zu erfüllen. Durch den Einsatz von hochsensitiven und robusten Kristallen können Kraftsignale in Bereichen weit unter 1 N bis hin zu über 500 N mit demselben Messgerät erfasst werden. Dies hat zum Vorteil, dass der Messaufbau zwischen den Versuchen nicht verändert werden muss und die Reproduzierbarkeit von Messungen sichergestellt ist. Kistler bietet Messgeräte an, die speziell für den Einsatz in der Mikrozerspanung konzipiert wurden. Diese Dynamometer sind hinsichtlich der Steifigkeit und Masse optimiert, um besonders hohe Eigenfrequenzen zu erreichen. So konnte zum Beispiel nachgewiesen werden, dass mit dem MicroDyn 9109AA in Versuchen mit zweischneidigen Werkzeugen und einer Spindeldrehzahl von 160 000 U/min die Kraftsignale jedes einzelnen Schneideneingriffs noch zuverlässig erfasst werden können.



Zweischneidiger Kugelkopffräser mit Durchmesser d= 0,2 mm für die Mikrobearbeitung



Kraftsignale aufgezeichnet mit einem MicroDyn 9109AA. Es sind deutlich die einzelnen Kraftverläufe der Eingriffe beider Schneiden mit Eingriffszeiten kleiner 1 ms zu erkennen

Zerspankraftmessung: Anwendungsbeispiele

Zerspanuntersuchung von Außenrundschleifen

Beim Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb an der TU Berlin wurden Schleifprozesse mit einem Sonderdynamometer analysiert. Bauteilqualität, Verschleißmechanismen oder das Grenzzeitspanvolumen konnten ermittelt und verbessert werden.





Messung von Räumkräften mit Spezialdynamometer

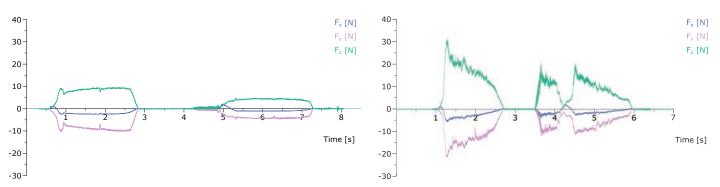
Die Einzigartigkeit der piezoelektrischen Technologie wurde von Kistler auch hier unter Beweis gestellt. Im Werkzeugmaschinenlabor WZL in Aachen konnten kleinste Kräfte mit einem großen Dynamometer gemessen und analysiert werden.





Kistler als Entwicklungspartner

Wir sehen in jeder Anwendung eine spannende Herausforderung: ob beim Räumen, Sägen, Gewinden, Polieren, Hohnen oder bei klassischen Anwendungen wie beim Fräsen, Bohren, Drehen und Schleifen. Gerne finden wir als Entwicklungspartner gemeinsam mit Ihnen individuelle Lösungen für Ihre Messaufgaben. Hierbei können wir auf eine langjährige Erfahrung als Spezialist für die Messgrößen Kraft, Beschleunigung und akustische Emission zurückgreifen. Unsere Dienstleistungen reichen von der Beratung bis hin zum Engineering einer einbaufertigen Lösung.



Kraftsignale beim Drehen von schwer zerspanbaren Materialien; links: neues Werkzeug; rechts: verschlissenes Werkzeug

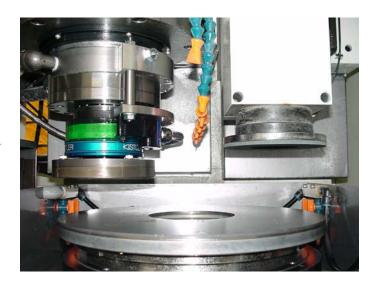


Dynamometer in eigener Fertigung bei Kistler

Die Herstellung von dünnwandigen Bauteilen aus schwerzerspanbaren Materialien wie Membranen für Drucksensoren stellt besonders hohe Anforderungen an die Prozessstabilität und Oberflächengüte der Bauteile. Dank des Einsatzes der Messtechnik von Kistler konnten der Prozess analysiert und dadurch die Werkzeugstandzeit sowie Prozessstabilität signifikant erhöht werden. Das Ergebnis waren reduzierte Produktionskosten und eine niedrigere Ausschussquote.

Hochpräzise Flachhonmaschine mit Dynamometern von Kistler

Bei der Herstellung von Waferscheiben definieren Ebenheit, Oberflächenrauheit und Scheibendicke die Qualität. Das Material ist in der Regel sehr hart und spröde. Somit wurde früher durch Einsatz von Paste mit losen Teilen poliert oder gehont. Die Qualität war sichergestellt, jedoch war die Methode nicht effizient und die Verschmutzung war hoch. In Japan hat die Tohoku Universität in Zusammenarbeit mit Matsushita Electronic Components Company dank der Technologie von Kistler einen Weg gefunden, die Effizienz zu steigern. Mit der Spezialausführung konnte der Einsatz von diamantbestückten Scheiben gemessen und analysiert werden. Dazu wurde auch das Handling optimiert und die Fehlerquote reduziert.



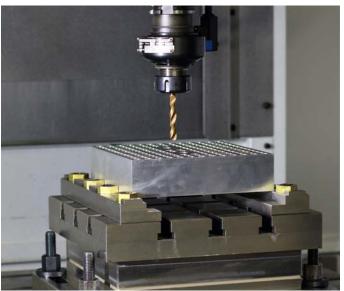


Kühlschmierstoff-Bewertung unter Betriebsbedingungen

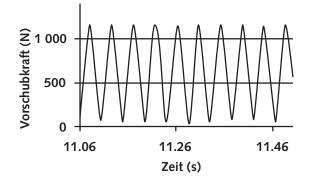
Die Blaser Swisslube AG mit Sitz in Hasle-Rüegsau ist führender Hersteller von Schmierstoffen für die Metallbearbeitung. Bei der Entwicklung neuer Kühlschmierstoffe vertraut das Schweizer Unternehmen auf die Messexpertise von Kistler. Hochpräzise Messdaten gewährleisten, dass die Kühlschmierstoffe in Praxistests exakt auf die Anwendungsbedürfnisse angepasst werden und später beim Kunden zuverlässig funktionieren.

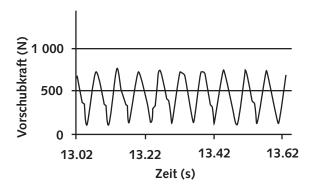
Prozessoptimierung

Prozessoptimierung ist der Schlüssel, um die Produktivität und Qualität von Bearbeitungsprozessen zu steigern und die Wettbewerbsfähigkeit der zerspanenden Unternehmen sicherzustellen. MITIS entwickelt seit mehr als zehn Jahren Systeme für vibrationsunterstütztes Bohren. Solche Systeme werden insbesondere bei Anwendungen eingesetzt, in denen der Spanbruch eine entscheidende Rolle für einen stabilen und effizienten Prozess spielt. Bei der Optimierung der Zerspanparameter und der Einstellung des Axialhubes der Vibration kommen regelmäßig Zerspankraftsysteme vom Typ 9255 zum Einsatz. Hierdurch können die Prozesse hinsichtlich wirtschaftlicher Parameter optimiert werden ohne dabei die Verformung von Bauteilen durch zu große Axialkräfte zu riskieren.



Systeme von MITIS im Einsatz: Hier ist das Werkstück auf einem Dynamometer 9255C von Kistler aufgespannt



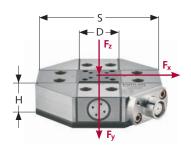


Schwankung der Axialkraft beim vibrationsunterstützten Bohren. Mit Hilfe von Kraftsignalen können die Parameter optimiert werden, so dass die Werkzeuge immer im Eingriff sind, die Späne zuverlässig brechen und die Kräfte so minimiert werden, dass keine Bauteilverformungen auftreten

Produkte

Stationäre Dynamometer

MicroDyn: Mehrkomponenten-Dynamometer mit Deckplatte 30x30 mm bis 500 N



Technische Daten	Тур	9109AA
Messbereich		
F_x , F_y , F_z (zentrisch)	N	-500 500
M _z (Einzelkomponente)	N⋅m	-50 50
Kalibrierte Messbereiche		
F_x , F_y , F_z	N	0 500
	N	0 50
	N	0 10
Mittlere Empfindlichkeit		
F_x , F_y ,	pC/N	≈-12,5
F _z	pC/N	≈-20
Eigenfrequenz (ohne Zusatzmasse)		
$f_n(x)$	kHz	>15
f _n (y)	kHz	>15
f _n (z)	kHz	>15
Betriebstemperaturbereich	°C	-20 70
DxSxH	mm	30x100x26
Gewicht	kg	1,04
Schutzart IEC/EN 60529 (mit angesc	IP67	
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.
Datenblatt siehe www.kistler.com	No.	9109AA_003-346

Eigenschaften

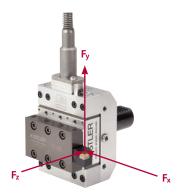
Als neue Entwicklung der stationären Dynamometer kann dieses 4-Komponenten-Dynamometer auch das Moment M_z im Zentrum des Dynamometers messen. Sehr kompaktes und robustes Dynamometer mit hoher Empfindlichkeit und Eigenfrequenz. Ideal für Zerspankraftmessungen in der Mikrobearbeitung.

Zubehör		
Stahl-Basisplatte für magnetische Befestigung	ArtNr.	55174784
Montageschrauben M4x25	ArtNr.	65012704
Zubehör (optional)		
Anschlusskabel für 6-Komp Kraftmessung	Тур	1677A5 / 1677AQ02 / 1679A5

MiniDyn: Mehrkomponenten-Dynamometer bis 4 kN







Technische Daten	Тур	9119AA1	9119AA2	9119AA2 ¹⁾
Messbereich	-71			5 1 15 1 11 12
F _x , F _z	kN	-4 4	-4 4	-2 2 ²⁾
F _V	kN	-4 4	-4 4	-3 3 ²⁾
Kalibrierte Messbereiche				
F_x , F_z	N	0 4 000	0 4 000	0 2 000
	N	0 400	0 400	0 200
	N	0 40	0 40	
F _y	N	0 4 000	0 4 000	0 3 000
	N	0 400	0 400	0 300
	N	0 40	0 40	
Empfindlichkeit				
F_x , F_z	pC/N	≈-26	≈-26	≈-26
F _y	pC/N	≈-13	≈-13	≈-13
Eigenfrequenz				
f _n (x)	kHz	≈6,0	≈4,3	≈1,25 ³⁾
f _n (y)	kHz	≈6,4	≈4,6	≈1,5 ³⁾
f _n (z)	kHz	≈6,3	≈4,4	≈2,5 ³⁾
Vorspannrichtung		horizontal	horizontal	
Betriebstemperaturbereich	°C	-20 70	-20 70	-20 70
Aufspannfläche	mm	39x80x26	55x80x26	55x80
Gewicht	g	930	1 350	abhängig vom Adapter
Schutzart IEC/EN 60529 (mi Kabel)	it angeschl.	IP67	IP67	IP67
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.	Fischer Flansch 9-pol. neg.	Fischer Flansch 9-pol. neg.

Eigenschaften

Das Dynamometer mit den kleinsten Einbaumaßen. Durch den optimierten Aufbau und die Auswahl ausgewählter Werkstoffe werden Eigenfrequenzen von über 6 kHz in allen drei Kraftrichtungen erreicht (Typ 9119AA1). Dank der Verwendung von hochempfindlichen Kristallen im Dynamometer werden dreimal höhere Empfindlichkeiten im Vergleich zu herkömmlichen Dynamometern erzielt. Dadurch lassen sich kleinste Kräfte akurat messen. Die horizontale Vorspannrichtung garantiert minimale Einflüsse von thermischen Effekten auf die Messsignale.

nit Adaptern Typ 9119A...

²⁾ abhängig vom Adapter

gilt für Dynamometer Typ 9119AA2 mit Maschinenadapter Typ 9119AB30S und Werkzeughalter Typ 9119AE16, mit Werkzeug (280 g)

Werkzeughalter

MiniDyn 9119AA2

Maschinenadapter



Drehmeissel Typ 9119AE... Bohrstange Typ 9119AF16



Zubehör (optional):

Anschlusskabel für 3-Komp.-Kraftmessung Typ: 1687B5 / 1687BQ02 / 1688B5 / 1689B5 Anschlusskabel für 6-Komp.-Kraftmessung Typ: 1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5

Datenblatt: 9119AA1_003-060 9119AA2_003-055



Zylinderschaft (VDI) Typ 9119AB... Capto Typ 9119AC... HSK-T Typ 9119AH63...

Eigenschaften

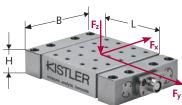
Modular aufgebautes Messsystem basierend auf dem Dynamometer Typ 9119AA2. Die Montage von Maschinenadaptern und Werkzeugmuttern erfolgt auf einfache Art und Weise. Eine Vielzahl gängiger Adapter passend zu Dynamometer Typ 9119AA2 ist erhältlich.



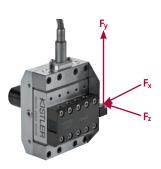
Schleifen mit Dynamometer Typ 9119AA2

MidiDyn: Mehrkomponenten-Dynamometer mit Deckplatte 90x105 mm bis 10 kN





2		
F	y	



Technische Daten	Тур	9129AA	9129AA ¹⁾
Messbereich			
F_x , F_z	kN	-10 10	-5 5 ²⁾
Fy	kN	-10 10	-8 8 ²⁾
Kalibrierte Messbereiche			
F_x , F_z	kN kN kN	0 10 0 1 0 0,1	0 5 0 0,5
Fy	kN kN kN	0 10 0 1 0 0,1	0 8 0 0,8
Empfindlichkeit			
F_x , F_z	pC/N	≈–8	≈–8
F _y	pC/N	≈–4,1	≈–4,1
Eigenfrequenz			
$f_n(x)$	kHz	≈3,5	≈1,5 ³⁾
f _n (y)	kHz	≈4,5	≈1,5 ³⁾
f _n (z)	kHz	≈3,5	≈2,5 ³⁾
Vorspannrichtung		horizontal	
Betriebstemperaturbereich	°C	0 70	0 70
LxBxH	mm	90x105x32	90x105
Gewicht	kg	3,2	abhängig v. adapter
Schutzart IEC/EN 60529 (mit ang	eschl. Kabel)	IP67	IP67
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.	Fischer Flansch 9-pol. neg.
		5 1 11 1 1	

Eigenschaften

Die niedrige Bauhöhe und der große Messbereich machen dieses Dynamometer zum idealen Gerät für Messungen auf Präzisionsmaschinen. Der Aufbau gewährleistet hohe Eigenfrequenzen in alle drei Kraftrichtungen. Negative Einflüsse von Temperaturunterschieden während der Messung werden durch die horizontale Vorspannrichtung signifikant verringert.

³⁾ gilt für Dynamometer Typ 9129AA mit Maschinenadapter Typ 9129AB40 und Werkzeughalter Typ 9129AE25, mit Werkzeug (280 g)



Fräsen mit Dynamometer Typ 9129AA

¹⁾ mit Adaptern Typ 9129A...

²⁾ abhängig vom Adapter

Werkzeughalter MidiDyn 9129AA Maschinenadapter



Drehmeissel Typ 9129AE... Bohrstange Typ 9129AF40 CoroTurn SL Typ 9129AG40



Zubehör (optional): Anschlusskabel für 3-Komp.-Kraftmessung Typ: 1687B5 / 1687BQ02 / 1688B5 / 1689B5 Anschlusskabel für 6-Komp.-Kraftmessung Typ: 1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5

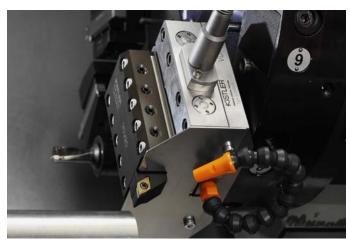
Datenblatt: 9129AA_000-709 9129AA_000-710



Zylinderschaft (VDI) Typ 9129AB... Spannkeil Typ 9129AD... Capto Typ 9129AC...

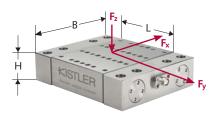
Eigenschaften

Modular aufgebautes Messsystem basierend auf dem Dynamometer Typ 9129AA mit großem Messbereich. Sowohl Maschinenadapter als auch Werkzeughalter werden mit kleinem Aufwand am Dynamometer montiert. Eine Vielzahl gängiger Adapter passend zu Dynamometer Typ 9129AA ist erhältlich.



Drehen mit Dynamometer Typ 9129A

MaxiDyn: Mehrkomponenten-Dynamometer mit Deckplatte 140x190 mm bis 30 kN



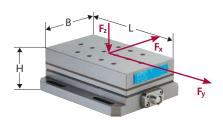
Technische Daten	Тур	9139AA		
Messbereich (max. zulässig)				
F_x , F_y , F_z	kN	-30 30		
Kalibrierte Messbereiche	kN	0 30		
F_x , F_y , F_z	kN	0 3		
	kN	0 0,3		
Empfindlichkeit				
F_x , F_z	pC/N	≈–8,2		
Fy	pC/N	≈–4,2		
Eigenfrequenz				
$f_n(x)$	kHz	≈2,9		
$f_n(y)$	kHz	≈2,9		
$f_n(z)$	kHz	≈3,0		
Vorspannrichtung		horizontal		
Betriebstemperaturbereich	°C	-20 70		
LxBxH	mm	140x190x58		
Gewicht	kg	≈12,9		
Schutzart IEC/EN 60529 (mit angesch	ıl. Kabel)	IP67		
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.		
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9139AA_003-198		
Eigenschaften	Kompaktes und robustes Dynamometer, das dank der horizontalen Vorspannrichtung negative Einflüsse von Temperaturunterschieden während der Messung weitgehend eliminiert. Der große Messbereich erlaubt Kraftmessungen in der Schwerzerspanung.			
Zubehör (optional)	sungen in	der Schwerzerspanung.		

Zubehör (optional)		
Anschlusskabel für 3-KompKraftmessung	Тур	1687B5 / 1687BQ02 / 1688B5 / 1689B5
Anschlusskabel für 6-KompKraftmessung	Тур	1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5



Fräsen mit Dynamometer Typ 9139AA

Mehrkomponenten-Dynamometer mit Deckplatte 100x170 mm bis 10 kN



Technische Daten	Тур	9257B
Messbereich		
F _x , F _y	kN	- 5 5
F _z	kN	<i>–</i> 5 10
Kalibrierte Messbereiche		
F _x , F _y	kN	0 5
	kN	0 0,5
F _z	kN	0 10
	kN	0 1
Empfindlichkeit		
F _x , F _y	pC/N	≈–7,5
F _z	pC/N	≈–3,7
Eigenfrequenz		
$f_n(x)$, $f_n(y)$	kHz	≈2,3
f _n (z)	kHz	≈3,5
Vorspannrichtung		vertikal
Betriebstemperaturbereich	°C	0 70
LxBxH	mm	170x100x60
Gewicht	kg	7,3
Schutzart IEC/EN 60529 (mit angesc	IP67	
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9257B_000-151

Eigenschaften

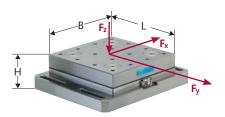
Universell einsetzbares Dynamometer. Die handliche Baugröße und der für viele Anwendungen ideale Messebereich haben Typ 9257B zum meistgebauten Mehrkomponenten-Dynamometer gemacht. Die Anbindung an den Maschinentisch erfolgt über seitliche Flansche mit Langlöchern.

Zubehör (optional)		
Anschlusskabel für 3-KompKraftmessung	Тур	1687B5 / 1687BQ02 / 1688B5 / 1689B5
Anschlusskabel für 6-KompKraftmessung	Тур	1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5
Werkzeughalter	Тур	9403
Wasserdichter Schutzdeckel für Kabelanschluss	Тур	1431A1



Gewindebohren mit Dynamometer Typ 9257B

Mehrkomponenten-Dynamometer mit Deckplatte 260x260 mm bis 60 kN



Technische Daten	Тур	9255C
Messbereich		
F _x , F _y	kN	-30 30
F_z	kN	-10 60
Kalibrierte Messbereiche		
F _x , F _y	kN	030
	kN	0 3
$\overline{F_z}$	kN	0 60
	kN	0 6
Empfindlichkeit		
F _x , F _y	pC/N	≈–7,9
F_z	pC/N	≈–3,9
Eigenfrequenz		
$f_n(x)$	kHz	≈2,2
$f_n(y)$	kHz	≈2,2
f _n (z)	kHz	≈3,3
Vorspannrichtung		vertikal
Betriebstemperaturbereich	°C	-20 70
LxBxH	mm	260x260x95
Gewicht	kg	52
Schutzart IEC/EN 60529 (mit ange	schl. Kabel)	IP67
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9255C_003-051

Eigenschaften

Robustes Dynamometer für die Schwerzerspanung mit dem größten Kraftbereich aller Dynamometer. Die Ankopplung an den Maschinentisch der Werkzeugmaschine erfolgt über seitliche Flansche mit Langlöchern. Zusätzlich kann das Dynamometer durch das Zentrum der vier Sensoren befestigt werden, womit die Eigenfrequenz erhöht wird.

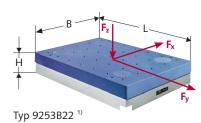
Zubehör (optional)

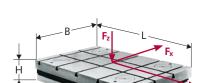
Anschlusskabel für 3-KompKraftmessung	Тур	1687B5 / 1687BQ02 / 1688B5 / 1689B5
Anschlusskabel für 6-KompKraftmessung	Тур	1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5
Wasserdichter Schutzdeckel für Kabelanschluss	Тур	1431A1



Fräsen mit Dynamometer Typ 9255C

Mehrkomponenten-Messplattform mit Deckplatte 400x600 mm bis 30 kN





Typ 9253B23 ²⁾

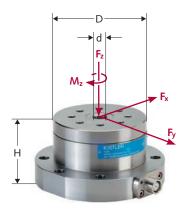
Technische Daten	Тур	9253B22	9253B23
Messbereich			
F _x , F _y	kN	-15 15	-12 12
F _z	kN	-15 30	-12 25
Kalibrierte Messbereiche			
F_x , F_y	kN	015	0 12
	kN	0 1,5	0 1,2
F _z	kN	0 30	0 25
	kN	0 3	0 2,5
Empfindlichkeit			
F_x , F_y	pC/N	≈±7,8	≈±7,8
F _z	pC/N	≈±3,7	≈±3,7
Eigenfrequenz			
$f_n(x)$	Hz	≈580	≈610
f _n (y)	Hz	≈550	≈570
$f_n(z)$	Hz	≈720	≈570
Vorspannrichtung		vertikal	vertikal
Betriebstemperaturbereich	°C	–20 70	–20 70
LxBxH	mm	600x400x100	600x400x100
Gewicht	kg	90	85
Schutzart IEC/EN 60529 (mit angesch	ıl. Kabel)	IP67	IP67
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.	Fischer Flansch 9-pol. neg.
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9253B_000-146	9253B_000-146
Eigenschaften	Mit einer Deckplattengröße von 400x600 mm lassen sich auch größere Werkstücke sicher aufbauen. Die Messplattform wird durch das Zentrum der vier Füße auf dem Werkzeugmaschinentisch montiert. Dabei wird im Gegensatz zu allen anderen stationären Dynamometern auf die Grundplatte verzichtet.		
Zubehör (optional)			
Zuberior (optional)		460705 / 46070000 / 4	

Zubehör (optional)		
Anschlusskabel für 3-KompKraftmessung	Тур	1687B5 / 1687BQ02 / 1688B5 / 1689B5
Anschlusskabel für 6-KompKraftmessung	Тур	1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5
Wasserdichter Schutzdeckel für Kabelanschluss	Тур	1431A1

Deckplatte mit Gewindebohrung M10x18

²⁾ Deckplatte mit T-Nuten 10H12

4-Komponenten-Dynamometer zur Zerspankraftmessung beim Bohren



Technische Daten	Тур	9272
Messbereich		
F _x , F _y	kN	- 5 5
F _z	kN	<i>-</i> 5 20
Mz	N⋅m	-200 200
Kalibrierte Messbereiche		
F _x , F _y	kN	0 5
	kN	0 0,5
F _z	kN	0 20
	kN	0 2
Mz	N⋅m	0 ±200
	N∙m	0 ±20
Empfindlichkeit		
F _x , F _y	pC/N	≈–7,8
F _z	pC/N	≈–3,5
M _z	pC/N·m	≈–160
Eigenfrequenz		
$f_n(x)$, $f_n(y)$	kHz	≈3,1
$f_n(z)$	kHz	≈6,3
f _n (M _z)	kHz	≈4,2
Vorspannrichtung		vertikal
Betriebstemperaturbereich	°C	0 70
DxdxH	mm	ø100xø15x70
Gewicht	kg	4,2
Schutzart IEC/EN 60529 (mit angesch	IP67	
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9272_000-153

Eigenschaften

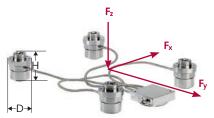
Als einziges stationäres Dynamometer kann dieses 4-Komponenten-Dynamometer neben den drei Kraftrichtungen auch das Moment $M_{\rm z}$ im Zentrum des Dynamometers direkt messen. Damit lässt sich der Drehmoment präzise bestimmen.

Zubehör (optional)				
Anschlusskabel für 4-KompKraftmessung	Тур	1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5		
Werkzeughalter	Тур	9404		
Wasserdichter Schutzdeckel für Kabelanschluss	Тур	1431A1		



Kraftmessung beim Schneiden von Quarzen mit Dynamometer Typ 9272

Mehrkomponenten-Kraftmesselement-Bausatz bis 60 kN



Technische Daten	Тур	9366CC
Messbereich		
F _x , F _y	kN	–25 25 ¹⁾
F _z	kN	–25 60 ¹⁾
Kalibrierte Messbereiche		
F _x , F _y	kN	0 25
	kN	0 2,5
F _z	kN	0 60
	kN	0 6
Empfindlichkeit		
F _x , F _y	pC/N	≈–7,8
F _z	pC/N	≈–3,8
Eigenfrequenz		
$f_n(x)$, $f_n(y)$, $f_n(z)$	Hz	≈200 1 600 ¹⁾
		vertikal
Betriebstemperaturbereich	°C	-20 70
DxH	mm	72x90
max. Deckplattengröße	mm	900x900
Gewicht	kg	7
Schutzart IEC/EN 60529 (mit angesch	IP67	
Anschluss		Fischer Flansch 9-pol. neg.
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9366CC_000-681

Eigenschaften

Zubehör (optional)				
Anschlusskabel für 3-KompKraftmessung	Тур	1687B5 / 1687BQ02 / 1688B5 / 1689B5		
Anschlusskabel für 6-KompKraftmessung	Тур	1677A5 / 1677AQ02 / 1678A5 / 1679A5		
Wasserdichter Schutzdeckel für Kabelanschluss	Тур	1431A1		



Dieser anschlussfertige und kalibrierte Mehrkomponenten-Bausatz ermöglicht den Eigenbau von Mehrkomponenten-

Messplattformen. Es sind Deckplattengrößen von 300x300 mm bis 900x900 mm möglich.

Titanbearbeitung auf Dynamometer Typ 9366CC

¹⁾ abhängig von Deckplattengröße und -material

Rotierendes 4-Komponenten-Wireless Dynamometer (RCD) zur Zerspankraftmessung bis 16 000 U/min

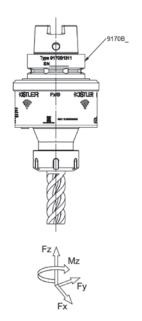


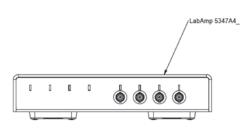
Technische Daten	Тур	9170B
Messbereich nominal		
F _x , F _y	kN	–5 5 ¹⁾
F _z	kN	-20 20 ¹⁾
Mz	N∙m	-100 100 ¹⁾
Drehzahl, max.	1/min	16 000 ¹⁾
Empfindlichkeit (min./max.)		
F _x , F _y	mV/N	≈2/≈20
F _z	mV/N	≈0,5/≈5
Mz	mV/N·m	≈66/≈1 000
Eigenfrequenz		
$f_n(x)$	kHz	≈2,0 ²⁾
f _n (y)	kHz	≈2,0 ²⁾
f _n (z)	kHz	≈5,3 ²⁾
Betriebstemperaturbereich	°C	0 60
DxH	mm	94x148 ²⁾
Gewicht Rotor	kg	2,0 ²⁾
Schutzart IEC/EN 60529		IP67
Signalübertragung		Radio Link (GFSK)
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9170B_003-608

Eigenschaften

Mit diesem rotierenden 4-Komponenten-Wireless Dynamometer werden die Kräfte in radialer Richtung (F_x , F_y), in axialer Richtung (F_z) sowie das Drehmoment in Zerspanprozessen mit Spindeldreh- zahlen bis 16 000 U/min gemessen. Die Kühlschmiermittelzufuhr kann intern erfolgen. Die Messsignale werden kabellos übertragen und sind damit vollständig verschleißfrei. Die Energieversorgung erfolgt über einen integrierten Akkumulator. Eine Vielzahl gängiger Spindeladaptern ist zu diesem RCD erhältlich.

- 1) abhängig vom Spindeladapter und Kraftangriffspunkt
- 2) gilt für Rotor mit Spindeladapter HSK-A63 und integriertem ER-Spannzangenadapter (ohne Werkzeug)





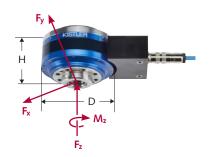
1 Wireless RCD, Typ 9170B... 2 LabAmp, Typ 5347A4...

Rotor



Technische Daten	Тур	9170B		
Spindeladapter		HSK-A40, HSK-A50,		
		HSK-A63, HSK E40,		
		HSK-E50, HSK-E63		
		DIN ISO7388-1-AD30,		
		DIN ISO7388-1-AD40,		
		MAS 403 BT 30, MAS 403		
		BT 40,CAT 30, CAT 40,		
		Capto C5, Capto C6,		
		andere Spindeladapter auf		
		Anfrage erhältlich		
Eigenschaften	eingebaut.	Im RCD 9170B sind Spindel- und Werkzeugadapter fest eingebaut. Ein Wechsel der Adapter ist nach Einbau nicht mehr möglich.		

Rotierendes 4-Komponenten-Dynamometer zur Zerspankraftmessung in der Schwerzerspanung bis 12 000 U/min

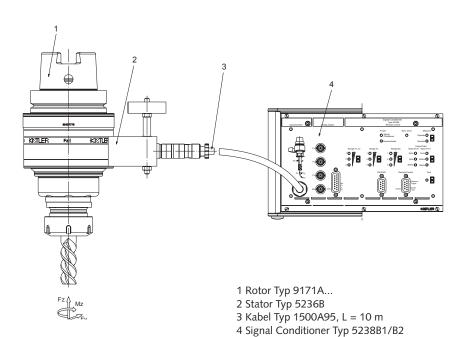


Technische Daten	Тур	9171A
Messbereich nominal		
F _x , F _y	kN	–20 20 ³⁾
F _z	kN	–30 30 ³⁾
Mz	N⋅m	-1 000 1 000 ³⁾
Drehzahl, max.	1/min	12 000
Empfindlichkeit (min./max.)		
F_x , F_y	mV/N	≈0,5/≈4,8
F _z	mV/N	≈0,3/≈4,8
Mz	mV/N·m	≈9/≈96
Eigenfrequenz		
$f_n(x)$	kHz	≈1,1 ¹⁾
$f_n(y)$	kHz	≈1,1 ¹⁾
$f_n(z)$	kHz	≈ 7,6 1)
Betriebstemperaturbereich	°C	0 60
DxH	mm	118x85
Gewicht	kg	3,3 ²⁾
Schutzart IEC/EN 60529		IP67
Signalübertragung		berührungslos
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9171A_003-155

Eigenschaften

Dieses rotierende 4-Komponenten-Dynamometer ist aufgrund des großen Messbereichs und einem Drehzahlbereich bis 12 000 U/min besonders für Anwendungen in der Schwerzerspanung geeignet. Der Rotor ist modular aufgebaut, so dass verschiedene Spindel- und Werkzeugadapter jederzeit ausgetauscht werden können. Die Kühlschmiermittelzufuhr kann intern erfolgen. Die Messsignale und Energieversorgung werden berührungslos übertragen und sind damit vollständig verschleißfrei.

- 1) gilt für Rotor mit Spindeladapter HSK-A100, ohne Werkzeugadapter
- 2) gilt für Rotor ohne Spindeladapter und ohne Werkzeugadapter
- 3) Messbereich hängt vom Spindeladaptertyp ab. Siehe Datenblatt



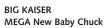
Rotierende Dynamometer

Rotor



Technische Daten	Тур	9171A	
Spindeladapter		HSK-A63, HSK-A80, HSK-A100 DIN 69871-AD40, DIN 69871-AD50 MAS 403 BT 40, MAS 403 BT 50 CAT 40, CAT 50 Capto C6, Capto C8	
Werkzeugadapter		 Spannzangenhalter Typ PowRgrip PG32-SG von Rego Fix Spannzangenhalter Typ ER32 (DIN 6499-B32) Spannzangenhalter Typ ER40 (DIN 6499-B40) Spannzangenhalter MEGA New Baby Chuck von BIG KAISER Hydro-Dehnspannfutter Tendo von Schunk 	
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	9171A_003-155	
Eigenschaften	Im RCD 9171A sind Spindeladapter und Werkzeugadapter modular eingebaut oder einzeln erhältlich. Ein Wechsel der Adapter ist jederzeit möglich. (Achtung: Der Rotor muss nac jedem Wechsel gewuchtet werden.)		





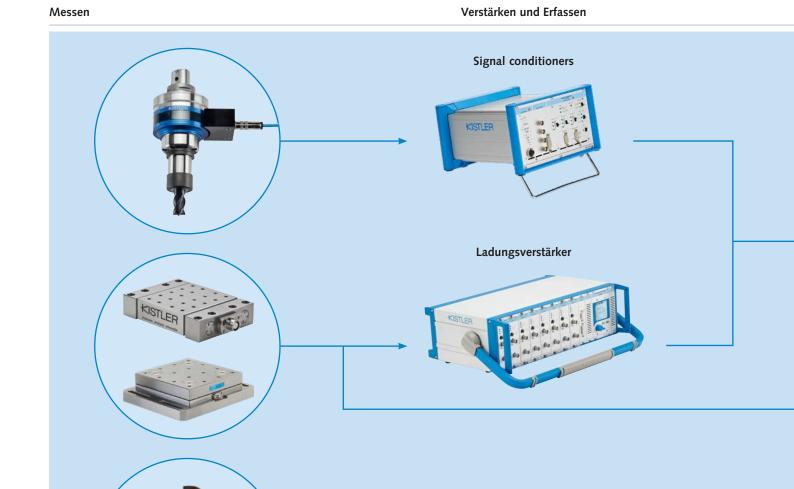


Schunk TENDO



Rego Fix SecuRgrip

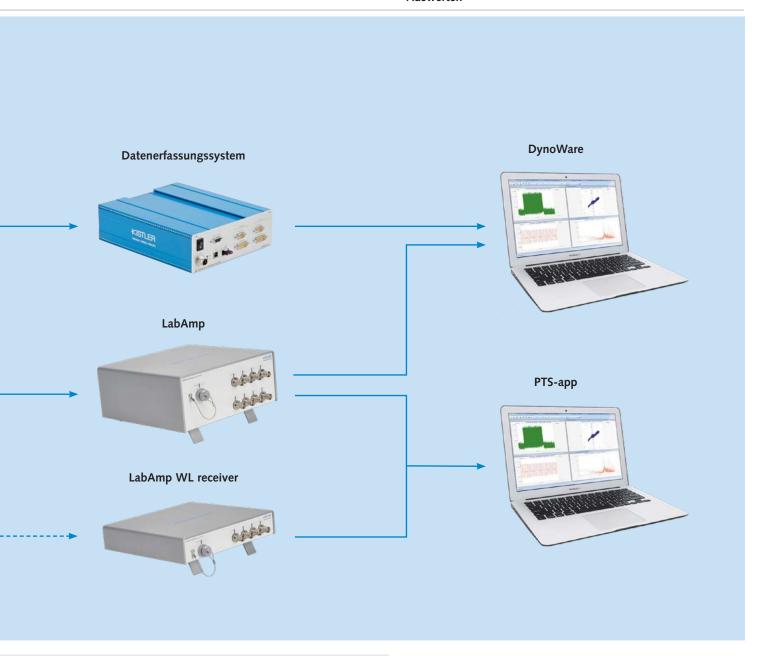
Verstärken, Erfassen und Auswerten – alles aus einer Hand



Das Dynamometer ist das Kernstück jedes Messaufbaus. Es nimmt die zu messende physikalische Größe auf und leitet sie in Form eines Ladungssignals an den Ladungsverstärker weiter. Verwendet werden stationäre Dynamometer, die meist auf dem Maschinentisch montiert werden, oder rotierende Dynamometer, die über die Spindelschnittstelle in die Spindel eingezogen werden und mitrotieren.

Kistler bietet alleinstehende Datenerfassungsysteme und Systeme mit integriertem Ladungsverstärker an. Für stationäre Dynamometer kann direkt der Ladungsverstärker LabAmp 5167A verwendet werden, der das Ladungssignal in eine Spannung wandelt und eine Analog-Digital-Wandlung vollzieht. Die Daten werden anschließend in der Software PTS App dargestellt. Das integrierte Datenerfassungsprinzip ist mit dem rotierenden Dynamometer 9170B ebenfalls schon möglich. Die Ladungsverstärkung erfolgt dabei integriert im Rotor und wir kabellos

Auswerten



an den LabAmp 5347A4K übertragen wo Sie anschliessend mittels PTS-App analysiert und visualisiert werden können. Bei den Typen 9170A und 9171A mit Stator ist ein nachgelagerter Signal Conditioner zur Speisung des Rotors und zur Übertragung der Daten notwendig. Für rotierende Dynamometer und für hochgenaue Messungen mit dem Ladungsverstärker 5080 wird das Datenerfassungssystem 5697 verwendet. Das System ist lediglich mit DynoWare kompatibel, um die Daten zu analysieren und visualisieren.

Die PTS-App ist eine universelle und einfach zu bedienende Software, die sich besonders für Kraftmessungen mit Dynamometern oder Ein- und Mehrkomponenten-Kraftsensoren eignet. Für die Signalanalyse bietet die PTS-App dem Anwender die OnlineVisualisierung der Messkurven sowie nützliche Berechnungs- und Grafikfunktionen.

LabAmp Familie

Die LabAmp Familie besteht aus den Typen 5167A und 5165A, die zusammen eine breite Anzahl an Signalen von verschiedenen Sensortypen verstärken und erfassen. Der Ladungsverstärker 5165A ist geeignet für das dynamische Messen von Spannungen, IEPE und Ladungssignalen. LabAmp 5167A ist ein System, das im Unterschied zum LabAmp 5165A für statische Kraftmessungen ausgelegt ist.



Physikalische Größen

- Kraft
- Beschleunigung
- Druck
- Spannung



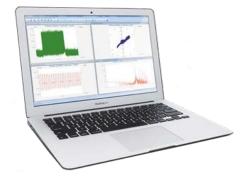
Der Ladungsverstärker LabAmp 5167A bildet gemeinsam mit den stationären Dynamometern eine komplette Messkette für das Erfassen von Kräften und Momenten in Zerspanungsprozessen. Der Ladungsverstärker hat hochisolierende Eingänge und misst damit mit minimalstem Drift. Durch die rauscharme Auslegung lassen sich auch kleine Kraftsignale messen. Je nach Dynamometer und Einsatzgebiet kann die 4- oder 8-Kanal-Version verwendet werden.

Um weitere Kraft-, Beschleunigung-, Druck- oder Spannungsignale aufzunehmen, lässt sich LabAmp 5167A mit weiteren 5165A/5167A kombinieren. So bildet die LabAmp Familie eine ganzheitliche Lösung für Untersuchungen von Zerspanprozessen.



Visualisierung der Daten in der PTSApp

Die Weiterverarbeitung und Visualisierung der Daten erfolgt in der PTS-App oder einer vom Anwender bereitgestellten Software. Die Applikation enthält eine Vielzahl an Funktionen, speziellfür die Analyse von Kraftsignalen in Zerspanprozessen. Beispiele hierfür sind die Temperaturdriftkompensation oder die Vielzahl an Filteroptionen. LabAmp 5167A kommuniziert mit dem PC durch Ethernet und wird über den Browser konfiguriert.



Software und Konfigurierung

- PTS App für die Datenanalyse
- Web-Userinterface
- Labview Schnittstelle

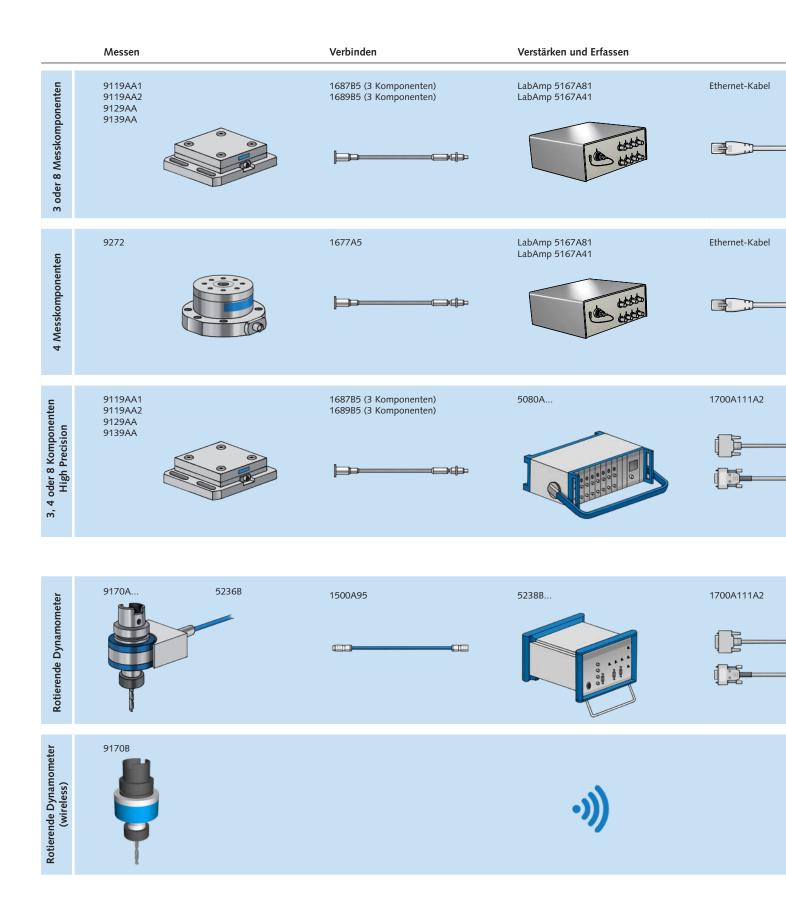
Multi Device Client

Das Precision Time Protocol (PTP) Feature ermöglicht das Vernetzen mit weiteren LabAmp Geräten (z.B. 5165A/5167A) via Ethernet. Dafür werden die Messsignale der unterschiedlichen Geräte mit synchronisierten Zeitstempel versehen.

Remote Ansteuerung

Für automatisierte Messungen hat LabAmp 5167A separate digitale Eingänge, die eine Steuerung der Messung aus der Ferne erlauben. Zudem können Messungen durch Signalanstiege auf einzelnen Kanälen getriggert werden.

Messketten



Analysieren Notebook Notebook USB-Kabel Notebook 5697A... Notebook 5697A... USB-Kabel LabAmp 5347A4K Ethernet-Kabel Notebook

Ladungsverstärker

High-End Mehrkanal-Ladungsverstärker für Mehrkomponenten-Kraftmessung



Technische Daten	Тур 5080А		
Anzahl Kanäle	1 8		
Messbereich FS	рС	±2 2 200 000	
Messbereichseinstellung		stufenlos	
Frequenzbereich (–3 dB)	kHz	0 200	
Ausgangssignal	V	±10 / -8 10	
Module optional		– Ladungsverstärker	
		– Dual Mode	
		(Ladung/Piezotron)	
Speisung			
	VAC	100 240	
	VDC	11 36	
Eingangssignal	Тур/	Piezoelektrisch, wahl-	
	Stecker	weise mit:	
		– BNC neg.	
		– Fischer 9-pol. neg.	
Ausgangssignal	Тур/	– BNC neg.	
	Stecker	– D-Sub 15-pol. neg.	
Schutzart IEC/EN 60529		IP40	
Schnittstelle		– RS-232C	
		– USB 2.0	
Gehäuse, optional		- 19" Rackeinschub	
		(DIN 41494)	
		– Tischgerät mit	
		Aufstellbügel	
Weitere Merkmale		Anzeige der	
		mechanischen Größe	
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	5080A_000-744	
Eigenschaften	Der Ladungsverstärker besitzt hervorragende Eigenschaften, die sehr präzise Messungen besonders bei kleinen Kräften möglich machen. Er ist äußerst flexibel aufgebaut und kann jederzeit den Bedürfnissen angepasst werden. Neben reinen Ladungsverstärkermodulen stehen auch Dual-Mode-Module zur Verfügung, an die Sensoren mit Ladungsausgang und Sensoren mit integrierter Elektronik (Piezotron) angeschlossen werden können.		
Zubehör (optional)			
DC 222C Kahal	Trum	4200427	

Zubehör (optional)		
RS-232C Kabel	Тур	1200A27
Verbindungskabel	Тур	1700A111A2
Verbindungskabel	Тур	1700A113A2
Induktiver Näherungsschalter	Тур	2233B

Datenerfassungssystem mit integriertem Ladungsverstärker

Ladungsverstärker und Datenerfassungssystem für Mehrkomponenten-Kraftmessung



Technische Daten	Тур	5167A
Anzahl Kanäle		
Typ 5167A41		4
Typ 5167A81		8
Eingangsstecker		Fischer 9-pole neg.
Ausgangsstecker		BNC neg.
Ethernet-Schnittstelle		2xRJ45
Remote Steuerung		D-Sub 9f
Messbereich	рС	±100 1 000 000
Frequenzbereich (–3 dB)	Hz	≈0 >45 000
Nominelle Ausgangsspannung	V	±10
Ausgangsimpedanz	Ω	10
ADC Auflösung	Bit	24
ADC Samplingrate	kSps	625
Ausgaberate pro Kanal (einstellbar)	kSps	100
Filtertyp		Bessel or Butterworth
Ordnung		2./4.
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	5167Ax1_003-278

Eigenschaften

Das Datenerfassungssystem enthält integrierte Ladungsverstärker und ist für die Mehrkomponenten-Kraftmessung geeignet. Die Steuerung erfolgt per Ethernet. Das System kann auch durch DynoWare konfiguriert werden und dort die Daten visualisieren. Es eignet sich hervorragend für das Messen mit stationären Dynamometern in Zerspanprozessen.

Zubehör	
Ethernet-Kabel	

$\label{lem:continuous} \textbf{Dynamischer Mehrkanal-Ladungsverst\"{a}rker und Datenerfassungssystem}$



Technische Daten	Тур	5165A
Anzahl Kanäle		4
Eingangsstecker		BNC neg.
Ausgangsstecker		BNC neg.
Messbereich	рС	±100 1 000 000
Nominelle Ausgangsspannung	V	±10
ADC Auflösung	Bit	24
ADC Samplingrate	kSps	625
Ausgaberate pro Kanal (einstellbar)	kSps	100
Filtertyp		Bessel or Butterworth
Ordnung		2./4.

Eigenschaften

Der Ladungsverstärker LabAmp Typ 5165A von Kistler ist der universelle Labor-Messverstärker für dynamische Signale. Sowohl piezoelektrische Sensoren, Piezotron Sensoren (IEPE) als auch Spannungssignale werden hochauflösend digitalisiert und verarbeitet. Einfache Datenakquisitionsfunktionen und frei konfigurierbare Analogausgänge unterstreichen die umfassenden Einsatzmöglichkeiten des Gerätes.

Datenerfassungssystem

LabAmp Wirless Receiver - für rotierendes Dynamometer 9170B



Technische Daten	Тур	5347A4K
Anzahl Kanäle		4
Ausgangsstecker		BNC neg.
Nominelle Ausgangsspannung	V	±10
Zeitverschiebung-Analogausgang	ms	320 400
Max. Ausgangsstrom	mA	±2
Digital low-pass filter ¹⁾ Cutoff-frequency (-3 dB) Selection in 1 Hz steps	Hz	≥ 10

Eigenschaften

Der Kistler LabAmp WL Receiver Typ 5347A4K ist ein leistungsfähiges Datenerfassungsgerät, das die digitalisierten Messwerte über Ethernet an einen übergeordneten Rechner mit der Applikation Piezo-Tool-System zur weiteren Auswertung überträgt.

LabAmp Wirless Receiver - for rotary Dynamometer 9170B



Technische Daten	Тур	5697A
Anzahl Messkanäle		28
Auflösung	Bit	16
Abtastrate max.		
mit 1 Kanal	kS/s	1 000
mit 8 Kanälen	kS/s	125
mit 16 Kanälen	kS/s	62,5
Schnittstelle zu PC		USB 2.0 Typ B, fem.
Abmessungen	mm	208x70x249
Gewicht	kg	2,2
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	5697A_000-745

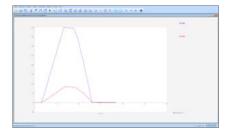
Eigenschaften

Dieses universell einsetzbare Datenerfassungssystem tastet analoge Signale mit bis zu 1 MHz ab. In Kombination mit der Software DynoWare können sämtliche Labor-Ladungsverstärker und Signal Conditioner von Kistler angesteuert werden. Die Verbindung zum PC erfolgt über eine USB-Schnittstelle. Die Software DynoWare ist im Paket mit dem Datenerfassungssystem erhältlich.

Zubehör (optional)		
RS-232C Kabel	Тур	1200A27
Verbindungskabel	Тур	1700A111A2
Verbindungskabel	Тур	1700A113A2
Induktiver Näherungsschalter	Тур	2233B

Software

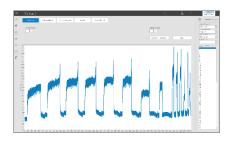
DynoWare: Windows-Software für die Datenerfassung



Technische Daten	Тур	2825A
Unterstützte Ladungsverstärker	Typen	5011, 5015A, 5018A, 5017, 5019, 5070A, 5080A
Unterstützte Signal Conditioner für rotierende Dynamometer (RCD)	Typen	5223B, 5237A, 5238B
Weitere Informationen		siehe Datenblatt
Unterstützte Betriebssysteme		Windows 7 Windows 8 Windows 10
Datenblatt siehe www.kistler.com	Nr.	2825A_000-371

Zubehör		-
Datenerfassungssystem	Тур	5697A

PTS-Applikation: Windows-Software für die Datenerfassung



Technische Daten	Тур	2935A
Unterstützte Ladungsverstärker	Typen	5347A4K, 5165A, 5167A
Weitere Informationen		siehe Datenblatt
Unterstützte Betriebssysteme		Windows 10 Windows 11
Datenblatt siehe www.kistler.com	No.	2935A_003-663e

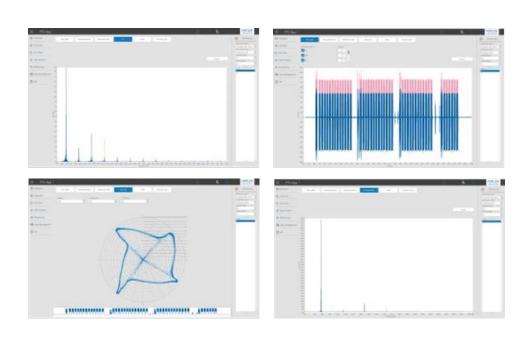
Software

PTS App

Die Kistler PTS App bietet ein hoch performantes Backend und eine intuitive Nutzeroberfläche zur Vorverarbeitung von Messdatensätzen sowie eine interaktive statistische Visualisierungsmöglichkeit für Trends. Auch Basisanwendungen im Bereich des Prozess-Monitoring lassen sich mit Hilfe der Applikation mühelos realisieren. Die Messdaten werden zudem in einem strukturierten Format abgelegt, sodass diese für die weitere Verarbeitung in Drittsoftware bereitgestellt werden kann.

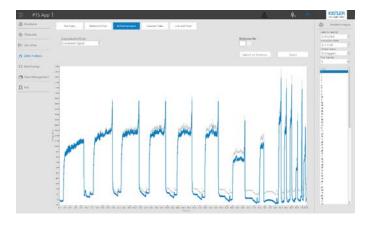
Für die Datenverarbeitung stehen in der Software folgende Werkzeuge zur Verfügung:

- Digitaler Butterworth-Filter zur Glättung des Hautpsignals
- Driftkompensation zur Bereinigung des Signals von Temperatureinflüssen o.Ä.
- Fast Fourrier Transformation (FFT) zur Zerlegung des Signals in die Spektralkomponenten (Frequenzanteile)
- Power-Spektrum Analyse zur Auswertung der Signalstärke in Abhängigkeit der jeweiligen Frequenz.
- Diverse Selektionsparameter zur Definition von Analysebereichen im Messsignal.
- Individuell konfigurierbare Berechnung von virtuellen / gerechneten Kanälen.



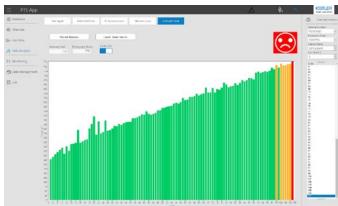
Möglichkeiten zur Datenvorverarbeitung

Zur Vorverarbeitung der Roh-Messsignale bietet die PTS App ein breites Spektrum an gängigen Werkzeugen, welche es bei Bedarf ermöglichen Störsignale zu reduzieren, Drifts durch Temperatureinflüsse oder ähnliches zu eliminieren oder Frequenzhäufigkeiten in einem Signal mittels FFT aufzuschlüsseln.



Möglichkeiten zur Datentrend-Analyse

Unter Anwendung der selektierten Datenvorverarbeitungs-parameter lassen sich in der App Trends in Bezug auf maximale Messwerte, Durchschnittswerte, Integral oder Standardabweichungen analysieren und visualisieren. Diese Trends lassen sich über Definition von Warn- und Alarm-Schwellwerten zudem visuell klassifizieren.



Verbindungskabel, hochisolierend

Kabel, 8-adrig/3-adrig, Temperaturbereich –5 ... 70 °C



Technische Daten	Тур	1677A5	1687B5
Anschluss		Fischer 9-pol. pos., Flansch	Fischer 9-pol. pos., Flansch
		Fischer 9-pol. pos.	Fischer 9-pol. pos.
Länge	m	5	5
Durchmesser	mm	12,3 (Metallmantel)	12,3 (Metallmantel)
Anzahl Leiter		8	3
Verwendung für		6-Komponenten- Messung	3-Komponenten- Messung

Kabel mit Winkelstecker, 8-adrig/3-adrig, Temperaturbereich –5 ... 70 $^{\circ}\text{C}$



Technische Daten	Тур	1679A5	1689B5
Anschluss		Fischer Winkel 9-pol. pos., Flansch	Fischer Winkel 9-pol. pos., Flansch
		Fischer 9-pol. pos.	Fischer 9-pol. pos.
Länge	m	5	5
Durchmesser	mm	12,3 (Metallmantel)	12,3 (Metallmantel)
Anzahl Leiter		8	3
Verwendung für		6-Komponenten- Messung	3-Komponenten- Messung

Kabel, 8-adrig mit flexiblem Metallgeflechtmantel, Temperaturbereich –5 ... 70 $^{\circ}\text{C}$



Technische Daten	Тур	1677AQ02	1687BQ02
Anschluss		Fischer 9-pol. pos., Flansch	Fischer 9-pol. pos., Flansch
		Fischer 9-pol. pos.	Fischer 9-pol. pos.
Länge	m	5	5
Durchmesser	mm	10,5 (Metall- geflechtmantel)	10,5 (Metall- geflechtmantel)
Anzahl Leiter		8	3
Verwendung für		6-Komponenten- Messung	3-Komponenten- Messung

Zubehör

Kabel zur Übertragung der Messsignale



Technische Daten	Тур	1700A111A2
Anschluss		D-Sub 15-pol. neg.
		D-Sub 15-pol. pos.
Länge	m	2
Anzahl Leiter		15

Kabel zur Übertragung der Messsignale



Technische Daten	Тур	1700A113A2
Anschluss		D-Sub 15-pol. neg.
		BNC pos.
Länge	m	2
Anzahl Leiter		8

Kabel zur Übertragung der Kommunikationssignale



Technische Daten	Тур	1200A27
Anschluss		D-Sub 9-pol. pos.
		D-Sub 9-pol. neg.
Länge	m	5
Anzahl Leiter		9

Wasserdichter Schutzdeckel für Kabelanschluss

Technische Daten	Тур	1431A1
Anschluss	Fischer 9-pol. po	

Weitere Sensoren für Frequenzanalysen



Technische Daten	Тур	9722A500	9722A2000
Bereich	N	0 500	0 2 000
Überlast	N	2 500	10 000
Empfindlichkeit, nom.	mV/N	10	2
Resonanzfrequenz	kHz	27	27



Technische Daten	Тур	8202A10	8203A50
Bereich	g	±2 000	±1 000
Ansprechschwelle (Rauschen 100µVrms)	gms	0,001	0,001
Empfindlichkeit, nom.	pC/g	-10	- 50
Resonanzfrequenz montiert, nom.	kHz	45	24

Das volle Sortiment der Beschleunigungssensoren ist im Katalog 900-380e dargestellt.

Capto ist ein registriertes Markenzeichen der Sandvik Gruppe
PowRgrip und SecuRgrip sind eingetragene Warenzeichen der Rego-Fix AG
MEGA New Baby Chuck ist ein registriertes Markenzeichen der BIG DAISHOWA Gruppe
TENDO ist ein registriertes Markenzeichen der Schunk Gruppe
Windows® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Microsoft Corporation



Kistler Service: Kundenspezifische Lösungen von A bis Z

Kistler setzt seit mehr als 50 Jahren Standards in der Zerspankraftmessung. Als erfahrener Partner stehen wir Ihnen mit umfangreichem technischem und anwendungspezifischem Know-how zur Seite.

Das Ingenieurteam von Kistler unterstützt Sie bei jedem Prozessschritt – von der Planung, Inbetriebnahme und Systemschulung vor Ort bis hin zur regelmäßigen Wartung und Reparatur. Dank unserer jahrelangen Erfahrung und der engen Zusammenarbeit mit unseren Kunden können wir maßgeschneiderte Lösungen liefern, die die spezifischen Anforderungen Ihrer Anwendung erfüllen. Erfahren Sie mehr über unsere Lösungen für die Zerspankraftmessung unter

www.kistler.com/de/de/anwendungen/sensor-technology/zerspankraftmessung.

Zusätzlich zu einem umfangreichen Sortiment für die Zerspankraftmessung bietet Kistler auch Sensoren und Systeme für allgemeine Test & Measurement Anwendungen an. Erfahren Sie mehr unter www.kistler.com/de/de/anwendungen/sensortechnology/test-measurement.

Unsere Serviceleistungen auf einen Blick

- Kundenspezifisches Engineering
- Beratung
- Unterstützung bei Inbetriebnahme
- Periodische Kalibrierung
- Schulungen/Workshops

















Kistler Group

Eulachstrasse 22 8408 Winterthur Switzerland

Tel. +41 52 224 11 11

Die Produkte der Kistler Gruppe sind durch verschiedene gewerbliche Schutzrechte geschützt. Mehr dazu unter **www.kistler.com**Die Kistler Gruppe umfasst die Kistler Holding AG und alle ihre Tochtergesellschaften in Europa, Asien, Amerika und Australien.

Finden Sie Ihren Kontakt auf www.kistler.com

