

Geprüfte Qualität

PC-Steuerung von Resonanzprüfmaschinen

Autoren: Dr.-Ing. Klaus F. Stärk, Dipl.-Phys D. Bühler

CH-BADEN - Prüfmaschinen lassen sich mit einer geeigneten Kombination aus Personalcomputer, Interface und benutzerfreundlicher Software einfach, effektiv, flexibel und kostengünstig steuern. Dies gilt auch und besonders für Resonanzprüfmaschinen.

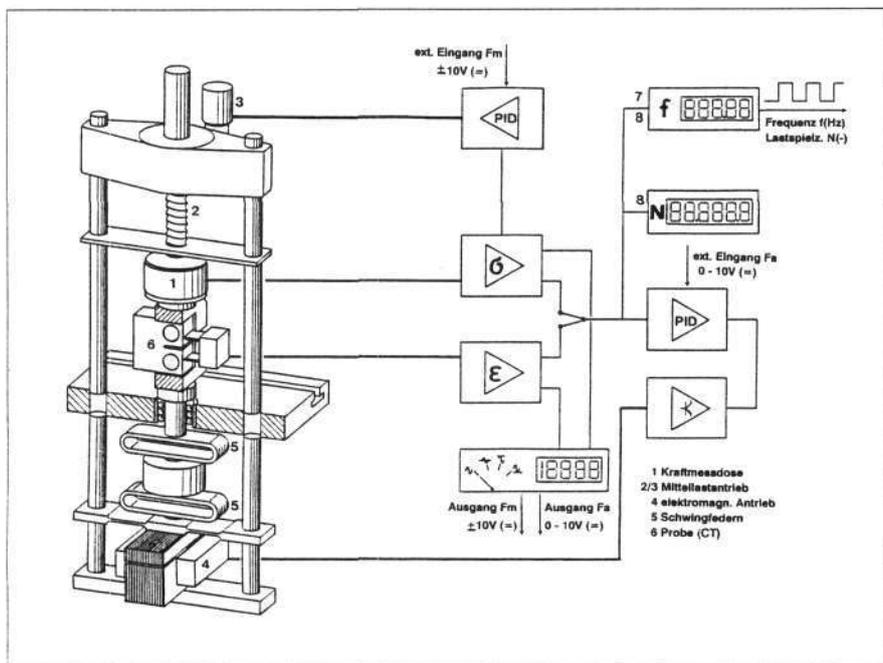
Als Beispiele von menügeführt erzeugten Programmen für die täglichen und nicht alltäglichen Anforderungen an ein Ermüdungsprüflabor werden kurz dargestellt: beliebige Mehrstufenversuche, Überlagerung LCF- und HCF-Beanspruchung, Anrißerkennung durch Analyse der Resonanzfrequenz und automatische Lastabsenkung bei der Ermüdungsanrißerzeugung für Bruchmechanikproben. Es gibt hunderte von Resonanzprüfmaschinen mit Unwucht- oder elektromagnetischen Erregersystemen, die überwiegend für Ermüdungsversuche im high cycle fatigue (HCF) Bereich eingesetzt

werden. Gegenüber servohydraulischen Maschinen benötigen sie außerordentlich wenig Antriebsleistung und laufen bei relativ hohen Prüffrequenzen von etwa 85 bis 400 Hz. Auch neuere leistungsfähigere Regелеlektroniken bieten meist nur die Möglichkeiten von Einstufenversuchen mit konstanter Mittellast und Lastamplitude. Möglichkeiten, mit Hilfe eines Personalcomputers (PC), eines externen Interfacesystems und einer menügeführten Software praktisch beliebige, komplizierte Abläufe mit einer Resonanzprüfmaschine zu fahren.

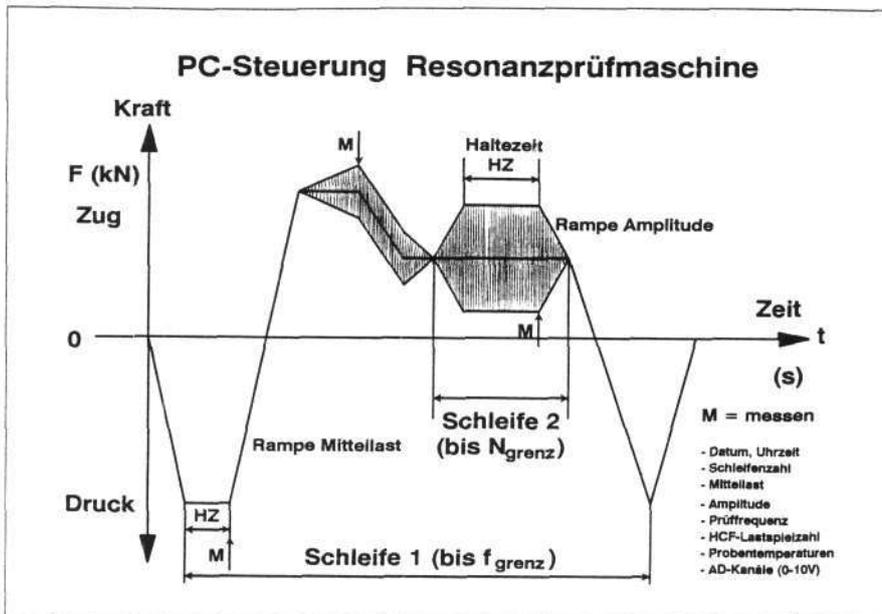


Dr.-Ing. Klaus F. Stärk, ABB Kraftwerke AG, Baden-Schweiz.

Die Regelelektronik einer elektromagnetischen oder unwuchterregten Resonanzmaschine bietet gute Voraussetzungen zur Messung der Last- und Frequenzgrößen. Im Gegensatz zu servohydraulischen Maschinen ist die Resonanzfrequenz abhängig von Last und Steifigkeit der Prüfmaschine (inkl. Einspannung und Probe). Somit kann man aus Frequenzänderungen Rißbildung und Rißwachstum an Proben und Bauteilen erkennen (notwendige Auflösung +/- 0,01Hz). Wo nicht vorhanden, lassen sich meist einfach analoge Eingänge für Mittellast (Spindelantrieb) und Lastamplitude (Resonanzantrieb) nachrüsten. Ein Ausgang des zyklischen Lastsignals (AC-bezogen, am besten als Rechtecksignal) kann zur genauen Messung der Prüffrequenz und zur Registrierung der HCF-Lastspielzahl benutzt werden. Unempfindlichkeit gegen Luftspaltveränderung und gute Leistungselektronik erweitern den möglichen Lastbereich beträchtlich und ermöglichen das PC-gesteuerte Hochfahren der Resonanzamplitude.



Prinzip der elektromagnetischen Resonanzprüfmaschine.



Freie Prüfvariable bei PC-Steuerung.

Als Bindeglied zwischen Maschine und PC wird ein bewährtes, externes modulares Interface System benutzt (an der 2. parallelen Druckerschnittstelle LPT2 des PC) mit den Modulen

• Messen:

- 8-Kanal Analog-Digitalwandler (14bit, +/- 10 V =), 2 Kanäle mit freier Kalibrierung programmiert, 4 Kanäle Reserve, ausbaubar.

- 8-Kanal Analog-Digitalwandler (12 bit) für Thermoelemente Ni-CrNi, 0-1000 °C, 3 Kanäle programmiert, ausbaubar auf 8 Thermoelemente.
- Ereigniszähler (0-10 kHz) für Lastspielzahl.
- Periodendauermessung für Resonanzfrequenzbestimmung (Auflösung +/- 0,01 Hz).
- Steuern:
 - Digital-Analogwandler für Mittellast-

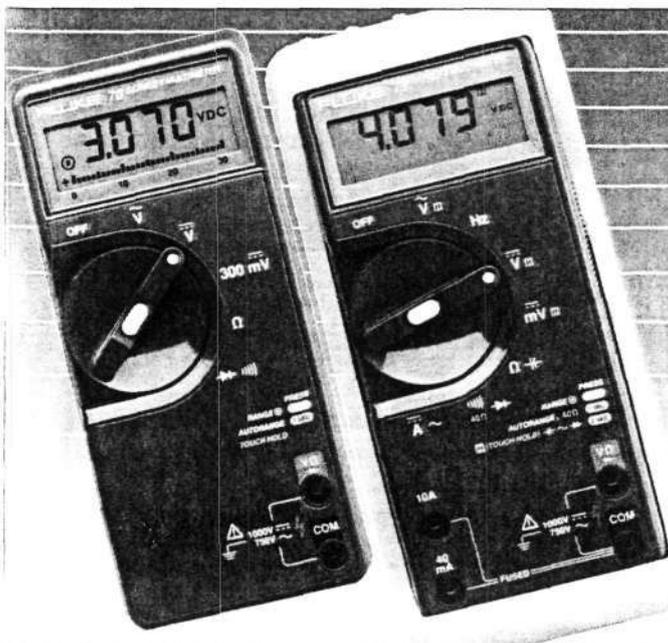
vorgabe (16 bit, Isolationsverstärker, +/- 10 V =).

- 8-Kanal-Reed-Relais (Schaltleistung je 10 W), frei programmierbar.

Alle Regel- und Sicherheitseinrichtungen der Prüfmaschine bleiben aktiv, lediglich die Lastsollwerte werden durch Umschaltung von intern auf extern vom PC vorgegeben. Bei gleichen Aus- und Eingängen (+/- 10 V =) ist ein Wechsel zu einem anderen Resonanzpuls in wenigen Minuten durchgeführt.

Als Programmiersprache wurde wegen der einfachen Erlernbarkeit und Handhabung Quick-BASIC 4.5 gewählt, wofür auch die Treibersoftware für das Interface vorlag. Das Meß- und Steuerprogramm wurde durch Abänderung eines vorhandenen Steuerprogramms auf die neue Aufgabe angepaßt. Da keine zeitkritischen Abläufe vorliegen, läuft das Programm problemlos im Interpreter-Mode auf einem 286er PC. Das Steuerprogramm und die Messdaten werden auf Diskette gespeichert. Die Nachauswertung (Datenanalyse und Darstellung) erfolgt bei Bedarf im Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL unter Windows (unabhängig von laufenden Versuchen) auf einem 486-er PC.

Die menügeführte Erstellung und Editierung der Steuersoftware ist sehr einfach und umfaßt folgende Befehle:



Der Bestseller jetzt noch besser: FLUKE 70-Serie II

Das Warten auf ein noch besseres DMM hat sich gelohnt:

FLUKE hat die meistverkauften DMMs der Welt noch besser gemacht:

Die Top-Modelle FLUKE 79 und FLUKE 29 ab sofort mit

- Kapazitätsmessung
- Frequenzmessung
- Lo-Ohm-Messung
- SMOOTHING™ und, und und!

Und das Einstiegsmodell FLUKE 70 gibt es zu einem Preis, den Sie nicht für möglich halten!

Detail-Informationen bei Ihrem Distributor:



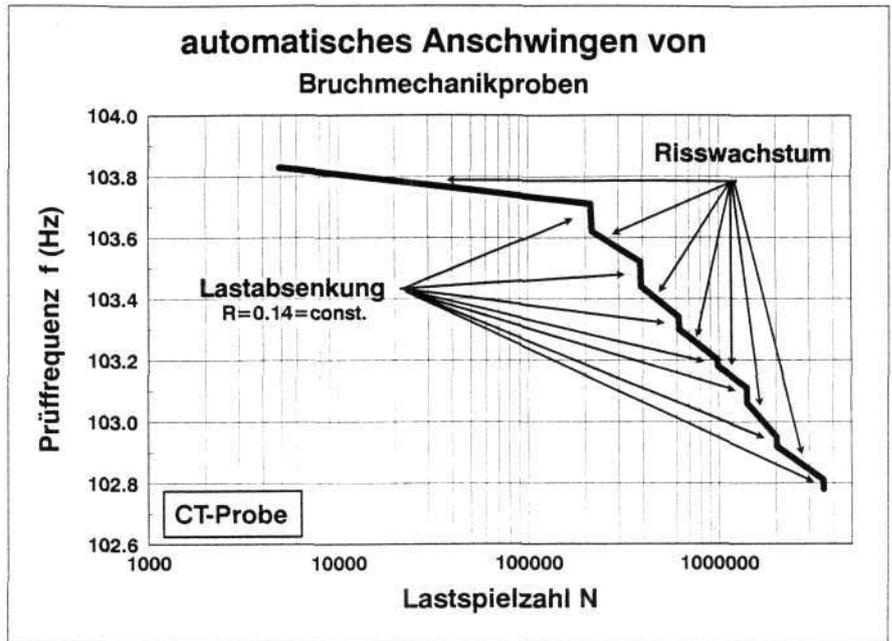
PEWA Messtechnik GmbH
Weidenweg 21
58239 Schwerte (Westhofen)

Telefon 02304-6927
Telefax 02304-6920

- Schleifenanfang (Nr./Wiederholung Anzahl Schleifen/Wiederhol.
- Schleifenende (Nr./-) Ende der aktuellen Schleife
- Rampe Mittellast (Last/Zeit) auf neue Last in x-Sekunden
- Rampe Amplitude (Last/Zeit) auf neue Ampl. in y-Sekunden
- Haltezeit (-/Zeit) Warten z-Sekunden
- Relais (Nr./Status) aus/ein
- Blocklastspiele -/N Anzahl pro HCF-Segment
- Speichern (-/-) Datum, alle Meßgrößen
- Prüftemp. def. (-/Temp) Grenztemperatureingabe (°C)
- Anschwingen (df/dF) Frequenzabfall (Hz) Lastred. (%) – bei $R=F \min/F \max = \text{const.}$

Die Schleifen sind auch ineinander schachtelbar. Die Anzahl Programmzeilen ist nur durch den Speicherplatz begrenzt (32k). Das Programm und die aktuelle, gerade bearbeitete Programmzeile ist auf dem Bildschirm immer sichtbar. Grenzlastspielzahl und -Frequenz sind bei laufendem Programm abänderbar.

Vor dem Start des Ablaufs werden die Versuchsdaten eingegeben, eine Syntaxprüfung vorgenommen und die Kalibriergrößen für Kraft, Temperaturen und gegebenenfalls andere Meßgrößen eingegeben, so daß man weitgehend unabhängig ist vom Prüfmaschinentyp und der



Anrißerkennung aus der Resonanzfrequenz.

eingebauten Kraftmeßdose. Zur Dokumentation können das Programm, die Versuchsdaten (=Protokoll) und die Ergebnisse auch auf einem Tintenstrahldrucker ausgedruckt werden.

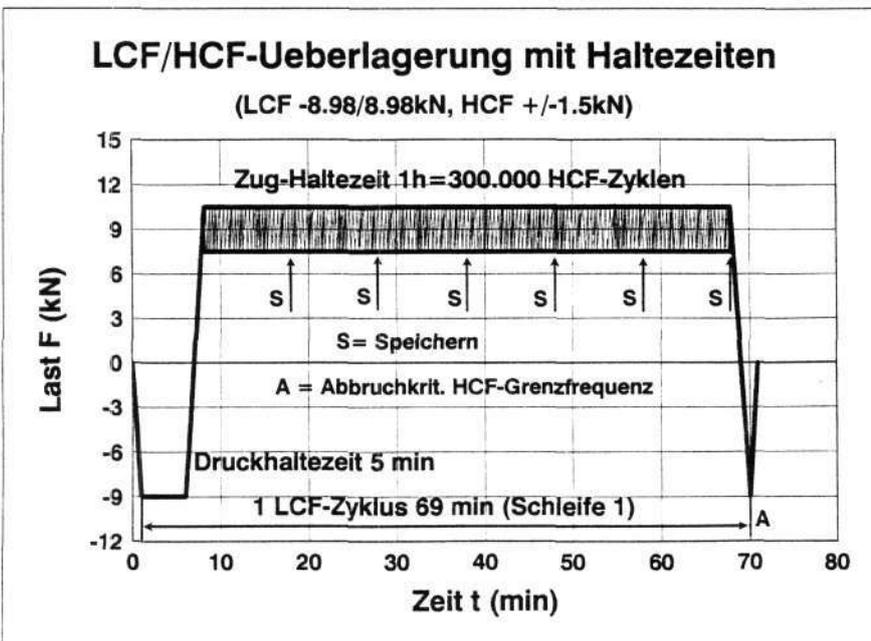
Überlagerung LCF/HCF

Kraftgesteuerter Prüfablauf einer Grundlagenuntersuchung an gekerbten Proben mit Haltezeit unter Drucklast, automatischer HCF-Schwingungsüberlagerung

während der einstündigen Zugphase mit Zwischenspeicherungen und Anrißdetektion durch Überwachung der Resonanzfrequenz der Prüfmaschine bei einer Proben-temperatur von 850°C.

LCF mit Haltezeiten und Anrißerkennung

Änderung der Resonanzfrequenz der Prüfmaschine bei einem Versuch an einer gekerbten Probe. Hierzu wurde mit Mittellastrampen der eigentliche LCF-Zyklus gefahren und überlagert. Man sieht, daß dies genügt, um aus einem Abfall der Resonanzfrequenz um 0,05 bis 0,1 Hz eindeutig auf den Anriß der Probe schließen zu können (aus Bruchflächenuntersuchungen ergab sich eine detektierbare Anrißlänge von ca. 0,4 mm).



Prüfablauf bei LCF/HCF-Bauteilsimulation.

High Cycle Fatigue

Programm : RISSHCF.HCF

1	Rampe Mittellast (Last/Zeit):	-8.98 /	60
2	Schleifenstart(Nr./Wiederh.):	1 /	1000
3	Haltezeit (/ /Zeit):	0 /	300
4	Rampe Mittellast (Last/Zeit):	8.98 /	120
5	Rampe Amplitude (Last/Zeit):	1.5 /	10
6	Haltezeit (/ /Zeit):	0 /	590
7	Speichern (/ /):	0 /	0
8	Haltezeit (/ /Zeit):	0 /	600
9	Speichern (/ /):	0 /	0
10	Haltezeit (/ /Zeit):	0 /	600
11	Speichern (/ /):	0 /	0
12	Haltezeit (/ /Zeit):	0 /	600
13	Speichern (/ /):	0 /	0
14	Haltezeit (/ /Zeit):	0 /	600
15	Speichern (/ /):	0 /	0
16	Haltezeit (/ /Zeit):	0 /	590
17	Speichern (/ /):	0 /	0
18	Rampe Amplitude (Last/Zeit):	0 /	10
19	Rampe Mittellast (Last/Zeit):	-8.98 /	120
20	Schleifenende (Nr. / /):	1 /	0
21	Rampe Mittellast (Last/Zeit):	0 /	60

Steuerung des Prüfablaufs

Anrißerzeugung bei Bruchmechanikproben

Vor Bruchzähigkeitsversuchen werden Bruchmechanikproben in der Regel mit einem Ermüdungsanriß versehen. Dieses „Anschwingen“ kann recht zeitaufwendig sein, da die Anfangslast groß genug sein muß, um von der Startebene ausgehend den Anriß zu erzeugen und um, aber auch durch, mehrmalige oder kontinuierliche Lastabsenkung die gewünschte Endrißlänge bei vorgeschriebener niedriger Endlast zu erreichen.

Als Steuerparameter werden benutzt und je nach Probengeometrie variiert.

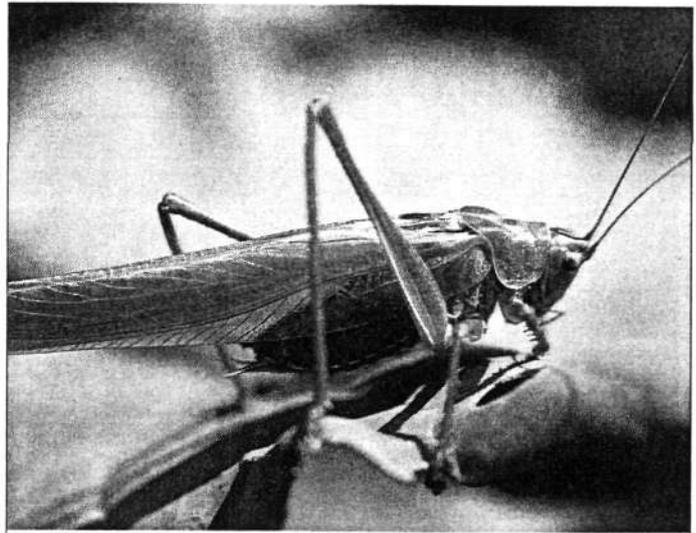
- Startwerte Mittellast F_m und Amplitude F_a , damit $R = (F_m - F_a) / (F_m + F_a) = F_{min} / F_{max}$
- Frequenzänderung Δf (Hz) pro Laststufe
- Laständerung ΔF (%) pro Laststufe bei $R = \text{const.}$
- Schleifenanzahl n

Es gilt: $F_{Ende} / F_{Anfang} = [1 - \Delta F(\%) \cdot 100\%]^n$
Im dargestellten Beispiel wurde der gewünschte Anriß nach 7 automatischen Lastabsenkungen und gesamthaft ca. 3,5 Million Lastspielen erreicht. Die Ersparnis an Personalaufwand und Zeit sowie der Gewinn an Sicherheit ist groß, so daß sich der Investitionsaufwand schnell amortisiert.

Andere Anwendungen

- Ermittlung des Schwellwertes der Ermüdungsrißausbreitung (threshold) mit dem Befehl Anschwingen (Riß in kleinen Lastabsenkungen „totlaufen lassen“)
- Laststeigerungsversuche mit Blocklastspielzahl zur schnellen, näherungsweise Ermittlung der Dauerfestigkeit
- Komplexe LCF/HCF-Versuche mit überlagerten Sonderfunktionen mit Hilfe der Relaischaltungen
- Steuerung von praktisch beliebigen Blockversuchen mit dem Befehl Rampe Mittellast auf servohydraulischen Prüfmaschinen (Rampenzeiten $> 1s$)
- Benutzung des Programms mit Interface als allgemeiner leicht programmierbarer Funktionsgenerator für langsame Vorgänge (Temperaturzyklen ect.)

KENNZIFFER 007 ▲



Bereit für grosse Sprünge...

Baumer electric
[ISO 9001 / EN 29001]
zertifiziert durch SGS

...bis zu 200% Norm-Schaltabstand: die Induktiven Näherungsinitiatoren von Baumer electric

Baumer Induktive-Näherungsinitiatoren: zuverlässig, sicher und gross in kleinen Formen. Entwickelt nach neuesten Technologien. Gefertigt nach modernsten Methoden. Bündig und nichtbündig einbaubar. Verpolungs- und kurzschlussfest. In vielen Varianten und elektrischen Ausführungen. Computergeprüfte Qualität. Genau das Richtige für den anspruchsvollen Industrie-Einsatz.



Baumer electric

Immer eine intelligente Lösung

Baumer Electric AG
Hummelstrasse 17
CH-8500 Frauenfeld
Telefon 054-728 11 22
Telex 897 349 bael ch
Telefax 054-728 11 44

Baumer Electric GmbH
Pfungstweide 28
D-61169 Friedberg
Telefon 06031-6007-0
Telex 4102 591 baeld
Telefax 06031-6007-70

Wir stellen aus: Sensor 93 Nürnberg, Halle 1, Stand E 19.

KENNZIFFER 008 ▲