

TSA

TRACKING SPECTRUM ANALYSATOR

Inhaltsverzeichnis

1	Hardwarebeschreibung	1
1.1	Technische Daten im Überblick	1
2	Softwarebeschreibung	3
2.1	Allgemeines	3
2.1.1	Dateiverwaltung unter TSA	3
2.1.2	Ändern der Datensätze	4
2.2	Datensätze	4
2.2.1	Datensatz Information	4
2.2.2	Datensatz System	6
2.2.3	Datensatz Darstellung	7
2.2.4	Datensatz Auswertung	9
2.2.5	Datensatz Plotter	11
2.3	Menüpunkt Messung	12
2.4	Menüpunkt Auswertung	13
2.5	Edierfunktionen beim Ändern von Parametern	14
2.5.1	Parameteränderung beenden	14
2.5.2	Cursor bewegen	15
2.5.3	Aktuelle Eingabe korrigieren	15
2.6	Vergleich von Messungen	15
2.7	Fehlermöglichkeiten	15

INHALTSVERZEICHNIS

ii

3	Anwendungsbeispiele	17
3.1	Ungleichförmigkeitsmessung mit FU1 oder FU10	17
3.1.1	Meßaufbau	17
3.1.2	Synchronisation	17
3.1.3	Meßsignal	18
3.1.4	Summen-Messung bei Ungleichförmigkeit	19
3.1.5	Weitere Aspekte zum Summensignal	20
3.1.6	Summensignal bei Ungleichförmigkeitsmessungen	20

Kapitel 1

Hardwarebeschreibung

1.1 Technische Daten im Überblick

Filter: Ein Filterkarteneinschub besitzt zwei voneinander unabhängige Filtermodule für insgesamt zwei Kanäle. Die Bandbreite beträgt 6 %, wobei andere Bandbreiten auf Wunsch erhältlich sind. Der Frequenzbereich liegt bei 6 Hz... 6kHz. Der Dynamikumfang umfaßt 60 dB mit einer Amplitudengenauigkeit von $\pm 0,5$ dB. Es können Ordnungen von 0,01... 9,99 bzw. 10,0... 99,9 oder das Summensignal erfaßt werden. Für die Synchronisation gibt es einen Vorteiler von 1... 999 und einen Multiplikator von 1... 999 % (als Standardwert ist 100 % eingestellt). Die Drehzahlerfassung erfolgt quarzgenau und besitzt eine Auflösung von 5 min^{-1} .

Triggerpegel: Über die BNC-Buchse können Wechselspannungen ab 50 mV (für magnetische Sensoren) eingespeist werden. Die positive Schwelle (TTL-Pegel) verträgt Signalspannungen von 0 V bis 12 V. Für Sondersensoren kann auch eine negative Schwelle eingestellt werden. Ein links vom TSA eingesteckter F/U-Wandler (FU1, FU10 oder FU16) kann als Synchronisationsquelle benutzt werden. Bei einer Ungleichförmigkeits-Messung wird das Sensorsignal an den F/U-Wandler angeschlossen und es ist eine Verbindung zwischen F/U-Wandler-Ausgang und TSA-Eingang nötig. Die Synchronisation erfolgt hier über den Analogbus.

Datenverkehr: Die Kommunikation zwischen TSA und Computer findet über die serielle Schnittstelle *RS232* statt (mit 9600 Baud, 8 Datenbits, einem Stoppbit und no-parity).

Meßbereiche: Die Meßbereiche mit Vorverstärker sind:

10 mV	...	10 V
3,16 mV	...	3,16 V
1 mV	...	1 V
316 μ V	...	316 mV
100 μ V	...	100 mV
31,6 μ V	...	31,6 mV
10 μ V	...	10 mV
3,16 μ V	...	3,16 mV
1 μ V	...	1 mV

Es besteht die Möglichkeit die vier Filterkarten getrennt und direkt anzusteuern. Damit können gleichzeitig bis zu vier verschiedene Signale gemessen werden (z.B. Beschleunigungen in drei Achsen und zusätzlich ein Referenzpunkt). Es steht dann nur der Meßbereich $1\text{ mV} \dots 1\text{ V}$ zur Verfügung und eine Übersteuerung wird nicht erkannt. Die Umschaltung erfolgt durch vier Drehschalter an der Rückwand des TSA-Gehäuses. Die Signale können dem Analogbus *Kanal 1... 5* der freien Steckplätze zugeordnet werden.

Versorgung: Entweder Wechselstrom 220 V / 50 Hz mit ca. 15 W oder eine Gleichspannung von 9... 32 V (mit ca. 6 W falls keine weiteren Einschübe versorgt werden).

Kapitel 2

Softwarebeschreibung

2.1 Allgemeines

2.1.1 Dateiverwaltung unter TSA

Alle Einstellungen am TSA werden durch das MS-DOS-Programm *TSA* vorgenommen. Zusammenhängende Einstellungen sind in einem Datensatz zusammengefaßt. So gibt es folgende Datensätze:

<i>Information</i>	Enthält Kommentartexte für eine Messung und Beschriftung des Plotts
<i>System</i>	Hier sind die Systemeinstellungen des TSA definiert
<i>Darstellung</i>	Dort befinden sich die Einstellungen der Ordinate (bzw. Amplitudenwerte), wie lineare oder logarithmische Darstellung.
<i>Auswertung</i>	Hier befinden sich die Parameter für das Diagramm, das auf dem Bildschirm und auf dem Plotter ausgegeben wird.
<i>Plotter</i>	Dort sind die Plottereinstellungen abgelegt, wie die Zuordnung der Stifte, Papiergröße, Plottgeschwindigkeit,

Im Datensatz *Alle Parameter* sind die Namen aller oben genannten Datensätze enthalten. Damit kann die gesamte Einstellung abgespeichert und geladen werden. Es ist wichtig, daß bei allen Datensatz- und Meßnamen die Extensionen weggelassen werden. Die Extensionen sind bereits vorbelegt und werden selbständig angehängt.

<i>.INI</i>	alle Parameter
<i>.STM</i>	System
<i>.DAR</i>	Darstellung
<i>.AUS</i>	Auswertung
<i>.PLT</i>	Plotter
<i>.TAB</i>	Messung
<i>.TIN</i>	Information der Messung
<i>.HPG</i>	HPGL-Datei

Beim Aufruf wird der Datensatz *STANDARD(.INI)* geladen. Wurde das Programm *TSA* vorher ordnungsgemäß verlassen, findet man die gleiche Einstellung wie beim letzten Arbeiten vor, denn bevor das Programm beendet wird, werden die Namen der benutzten Datensätze und der Name des Meßfiles unter *STANDARD(.INI)* abgespeichert.

2.1.2 Ändern der Datensätze

Wird im Hauptmenü die entsprechende Taste (*1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, M, A, I, S, D, U, P, L, E*) gedrückt, gelangt man in das gewünschte Untermenü. Zuerst wird nach dem neuen Namen gefragt. Gibt man einen Leerstring ein, so bleibt der alte Wert erhalten. Als nächstes wird gefragt, ob der Parametersatz geändert werden soll. Mit **J** gelangt man in die Änderungsroutine, mit jeder anderen Taste wieder ins Hauptmenü.

In der Änderungsroutine wird bei jeder Anfrage der alte Parameterwert angezeigt. Er kann durch Eingabe eines Leerstrings, d.h. von **RETURN**, beibehalten werden. Jeder Datensatz enthält eine Kommentarzeile, die nur zur Dokumentation dient. Sie erscheint weder bei der Messung noch bei der Auswertung oder auf dem Plott. Am Ende der gesamten Eingaberoutine wird gefragt, ob der Datensatz abgespeichert werden soll. Mit **ESC** wird er nicht gesichert. Bei Eingabe eines Leerstrings wird der Parametersatz unter dem alten Namen abgespeichert und zuvor der alte Datensatz gelöscht. Wird ein Name eingegeben, so wird unter diesem Namen gesichert (weitere Hinweise bei 2.5).

2.2 Datensätze

2.2.1 Datensatz Information

Der Datensatz Information enthält Kommentartexte für die Messungen und die Beschriftungen eines Plotts. Man gelangt in dieses Menü durch Drücken von **3** oder **I** im Hauptmenü.

Titel: Der Titel besteht aus maximal 80 Zeichen und steht im oberen Balken des geplotteten Diagramms.

x-Achse: In diesem Wert ist der Text für Beschriftung der x-Achse enthalten.

Bezeichnung für n -ten Kanal: Dieser Textstring wird nur beim Plotten ausgegeben und darf höchstens 13 Zeichen enthalten (beim Summensignal ist die Länge auf 12 Zeichen begrenzt). Es wird beim Plotten die Ordnung und nach einem Doppelpunkt der Textstring ausgegeben. Gibt man als erstes Zeichen ein Backslash `\` ein und darauf einen Text, so wird die Ordnung nicht geplottet und man hat maximal 18 Zeichen zur Verfügung.

Eingabe: `Name1` Ausgabe: `1.00:Name1` (bei 1. Ordnung)

Eingabe: `\Name1` Ausgabe: `Name1` (bei beliebiger Ordnung)

Infotext n : Auf dem Plott befindet sich ein Kommentarfeld mit 10 Zeilen à 22 Zeichen. Jeder Infotext stellt eine Zeile dar. Eine Zeile kann in zwei Teile gegliedert werden: einem festen und einem variablen Teil. Der feste Teil wird automatisch ausgegeben. Der variable Teil kann vor dem Plott und nach der Messung verändert werden. Ein Backslash `\` trennt beide Teile voneinander. Wird nur `\` oder ein Leerstring eingegeben, so enthält diese Infozeile keinen Text. Folgende Syntax ist zu beachten:

`FesterTeil\VariablerTeil`

Eingabe	fester Teil	variabler Teil	Bemerkung
<code>„Tellert-Elektronik“</code>	Tellert-Elektronik		keine Nachfrage
<code>„Fahrer: \Müller“</code>	Fahrer:	Müller	
<code>„\“</code>			keine Textausgabe
<code>„\ “</code>		(SPACE)	variable BlankoZeile

Datum: Hier kann ein beliebiger String angegeben werden, der im unteren, rechten Kasten des Plotts ausgegeben wird. Gibt man `\N` ein, so wird kein String geplottet. Wird `\A` angegeben, so wird das aktuelle Datum (nicht das Datum der Messung, sondern das der Auswertung!) geplottet.

Dateinamen: Die Namen für *System*, *Darstellung*, *Auswertung* und *Plotter* werden auf dem Plott im 2. Kasten rechts oben ausgegeben. Sie dienen nur zur Information, damit Messungen mit den gleichen Datensätzen wiederholt werden können.

2.2.2 Datensatz System

Hier sind alle Einstellungen für die Hardware definiert. Der Aufruf aus dem Hauptmenü erfolgt mit **[4]** oder **[S]**. Folgende Parameter können nun verändert werden:

Zähnezahl: Sie gibt die Anzahl der Impulse pro Umdrehung für das Synchronisationssignal an.

Multiplikator: Er ist der Korrekturfaktor für nicht-ganzzahlige Zähnezahlen. Dieser Wert wird in Prozent angegeben. Das Synchronisationssignal wird durch die Zähnezahl geteilt und danach mit dem Multiplikator multipliziert. Bei ganzzahligen Zähnezahlen (1...999) sollte der Multiplikator auf 100 (%) eingestellt werden. Ist die Motordrehzahl das Synchronisationssignal, empfiehlt es sich, ganzzahlige Vielfache der Zündfrequenz als Multiplikator zu verwenden:

- Anlasserzahnkranz:
 - Zähnezahl: wie vorhanden;
 - Multiplikator = 100 %;
- Zündsignal bei 4 Zylinder (TD oder Impulszange):
 - Zähnezahl = 2;
 - Multiplikator = 100 %;
 - oder: Zähnezahl = 1 mit Multiplikator = 50 %;
- Zündsignal bei 5 Zylinder (TD oder Impulszange):
 - Zähnezahl = 1;
 - Multiplikator = 40 %;
- Zündsignal bei 6 Zylinder (TD oder Impulszange):
 - Zähnezahl = 3;
 - Multiplikator = 100 %;

Für die Regelschleife (PLL) ist es günstig, das Signal nicht weiter als auf *eine* Kurbelwellenumdrehung herunterzuteilen, um es dann sehr hoch zu vervielfachen.

Regelschleifendauer: Hier kann ein Wert von 1 (schnell) bis 4 (langsam) eingegeben werden. Wird bei niedrigen Drehzahlen gemessen, so empfiehlt sich eine Regelschleifendauer von 3 oder 4, wird bei schnellen Drehzahländerungen gemessen, so empfiehlt sich die Regelschleifendauer von 1.

Meßbereich des TSA: Für einen großen Rauschabstand sollte der Meßbereich des TSA knapp über dem größten Eingangssignal liegen. Ist der Meßbereich zu groß gewählt, verschlechtert sich der Rauschabstand (kleine Signale gehen unter). Ist der Meßbereich zu klein gewählt, tritt bei der Messung eine Übersteuerung auf (Fehlermeldung: *OVER*) und während dieser Zeit wird die Datenaufzeichnung gesperrt.

$n(\min)$ bzw. $f(\min)$: Ist die Führungsgröße kleiner als $n(\min)$ bzw. $f(\min)$, so werden die Meßwerte nicht aufgezeichnet. Außerdem dient dieser Wert als Endpunkt der Schubmessung im Automatikbetrieb (siehe Messung).

$n(\max)$ bzw. $f(\max)$: Ist die Führungsgröße größer als $n(\max)$ bzw. $f(\max)$, so werden die Meßwerte nicht aufgezeichnet. Dieser Wert ist der Endpunkt der Zugmessung im Automatikbetrieb (siehe 2.3). Ist $n(\max) \leq n(\min)$, so werden alle Meßwerte ohne Beschränkung der Führungsgröße aufgezeichnet. In diesem Fall ist der Automatikbetrieb nicht möglich.

Ordnungen einstellen: Hier werden den acht Kanälen die jeweiligen Ordnungen zugeteilt. Die Ordnung 0 entspricht dabei dem Summensignal. Zulässige Werte sind 0 für Summe, 0,01...9,99 und 10,0...99,9.

Schnittstelle: Als serielle Schnittstelle des PCs zum TSA kann *COM1* oder *COM2* verwendet werden. Der Datenverkehr findet mit 9600 Baud, 8 Datenbits, einem Stoppbit und no-parity statt.

Mittelungsfaktor: Die Meßwerte werden bei der Aufzeichnung in einer Matrix abgespeichert. Die Drehzahl-Auflösung beträgt 10 min^{-1} . Liegt beim Aufzeichnen eines Meßwertes noch kein alter Meßwert bei dieser Drehzahl vor, wird der aktuelle Meßwert in die Matrix eingeschrieben. Werden mehrfach auf derselben Drehzahl Meßwerte eingelesen, so bestimmt der Mittelungsfaktor, wieviel Prozent vom neuen Meßwert dem alten Meßwert hinzugefügt werden. Die Formel dafür lautet:

$$\text{Meßwert} = \text{alter Meßwert} - \frac{\text{alter Meßwert}}{\text{Mittelungsfaktor}} + \frac{\text{neuer Meßwert}}{\text{Mittelungsfaktor}}$$

Aus der Formel geht hervor, daß bei einem Mittelungsfaktor von 1 immer der alte Wert durch den neuen Wert vollständig ersetzt wird. Bei einem Mittelungsfaktor von 2 wird die Hälfte des alten und die Hälfte des neuen Meßwertes addiert.

2.2.3 Datensatz Darstellung

Dieser Datensatz beinhaltet die Ordinaten- bzw. Amplitudenwerte und die Einheit der Abszisse (Hz oder min^{-1}). Man gelangt in diesen Datensatz durch Drücken von

[5] oder **[D]** im Hauptmenü.

Einheit der Abszissenwerte: Hier kann zwischen Hz und min^{-1} gewählt werden.

Gemessenes Signal wird ...: Dieser Parameter ist für die Frequenzabhängigkeit der Amplitude verantwortlich. Die Messung kann unverändert bleiben, aber auch differenziert oder integriert werden (dabei ist die Korrekturkonstante zu beachten). Bei Integration erhält man einen Meßwert $M = \frac{m}{f}$ mit f in Hz, bei Differentiation erhält man einen Meßwert $m' = m \cdot f$ mit f in Hz.

Einheit der Meßgröße: Dieser Textstring beschreibt die Einheit der Amplitudenwerte und wird auf dem Plott bzw. auf dem Grafikbildschirm ausgegeben.

Darstellungsart: Die Amplitudenwerte können logarithmisch oder linear dargestellt werden. Bei *LIN/LOG* wird die Kurve logarithmisch ausgegeben, die Skalierung (auf dem Bildschirm oder Plott) wird linear vorgenommen.

Log. Korrekturkonstante: Dieser Parameter kann nur definiert werden, wenn als Darstellungsart die Logarithmische gewählt wurde. Dieser Wert wird in $\text{dB}\mu\text{V}$ eingegeben.

- Werte in $\text{dB}\mu\text{V}$ effektiv anzeigen: Log. Korrekturkonstante = 0;
- Werte in dBmV effektiv anzeigen: Log. Korrekturkonstante = -60;
- Werte in dBV effektiv anzeigen: Log. Korrektorkonstante = -120;

Mit der logarithmischen Korrekturkonstante kann auch die Umrechnung in Spitzenwert und Spitze-Spitze-Wert vorgenommen werden. Da es sich bei den gefilterten Werten um diskrete Frequenzen handelt, kommt der Zusammenhang von Amplituden für sinusförmige Kurvenformen zur Anwendung:

$$\begin{aligned} U_{\text{Spitze}} &= U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} && \text{mit } \sqrt{2} = +3 \text{ dB;} \\ U_{\text{Spitze-Spitze}} &= U_{\text{eff}} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} && \text{mit } 2 \cdot \sqrt{2} = +9 \text{ dB;} \end{aligned}$$

Der TSA arbeitet mit Effektivwerten, deshalb ist die logarithmische Korrekturkonstante für die Spitzenwert-Anzeige um 3 (dB) zu erhöhen, für die Spitze-Spitze-Wert-Anzeige um 9 (dB).

100-%-Anzeige der Meßgröße ...: Hier wird der Meßwert angegeben, bei dem die Säulenlänge auf dem Bildschirm einen Amplitudenwert von 100 % darstellt. Diese Option ist bei der logarithmischen Darstellungsart ohne Wirkung und auch nicht einstellbar.

Eingangsspannung des TSA ...: Dieser Wert bezieht sich auf die physikalische Zuordnung der Eingangsspannung bei einer Amplitude von 100 %. Er wird, je nach Wahl (siehe 100-in μV , mV oder V angegeben. Auch diese Funktion ist bei der logarithmischen Darstellungsart ohne Wirkung und kann deshalb nicht angesprungen werden.

Einheit der Eingangsspannung ...: Hier kann zwischen μV , mV und V gewählt werden. Dieser Wert bezieht sich auf die physikalische Zuordnung der Eingangsspannung bei einer Amplitude von 100 %.

2.2.4 Datensatz Auswertung

Diesem Datensatz sind die Parameter für die Bildschirmausgabe des Diagramms zugeordnet. Man gelangt in das Menü Auswertungs-Parameter durch Drücken von **[6]** oder **[U]** im Hauptmenü.

Farbe des Kanals: Diese Funktion ordnet jedem der acht Kanäle eine Farbe von 0...15 zu. Wird einem Kanal die Farbe 0 zugeordnet, so wird dieser Kanal generell ausgeblendet (auch beim Plotten). Diese Einstellung empfiehlt sich in der Regel nicht, da während der Auswertung jeder beliebige Graph ein- bzw. ausgeblendet werden kann. Folgende Farben können gewählt werden:

Nummer	Farbe	Nummer	Farbe
0	ausblenden	8	Grau
1	Blau	9	Hellblau
2	Grün	10	Hellgrün
3	Kobaltblau	11	Hellkobaltblau
4	Rot	12	Hellrot
5	Violett	13	Hellviolett
6	Braun	14	Gelb
7	Weiß	15	Leuchtend Weiß

Farbe des Grids: Dem Gitter wird eine Farbe von 0...15 zugeordnet. Mit Farbe 0 kann das Gitter ausgeblendet werden (auch beim Plotten). Im Gegensatz zu den Kanälen (siehe Farbe des Kanals) ist es nur mit dieser Option möglich, das Gitter auszublenden.

Meßbereich bei linearer Darstellung: Der Meßbereich bezieht sich auf den maximal-darstellbaren Amplitudenwert bei linearer Darstellungsart. Die Einheit des Meßbereiches ist Prozent. Normalerweise wird hier 100 (%) angegeben.

Meßbereich bei logarithmischer Darstellung: Dieser Meßbereich definiert die Darstellungsbreite der Amplitude in dB bei logarithmischer Darstellungsart. Addiert man diesem Parameter den Offset hinzu, erhält man den maximal-darstellbaren Amplitudenwert. Bei *LIN/LOG*-Darstellung definiert dieser Parameter den Dynamikumfang des Darstellungsfeldes, z.B.:

60 dB entsprechen einem Dynamikverhältnis von	1000:1
40 dB entsprechen einem Dynamikverhältnis von	100:1
20 dB entsprechen einem Dynamikverhältnis von	10:1

Der Meßbereich wird dabei immer auf den definierten Endwert hochgerechnet.

y-Grid bei linearer Darstellung: Hier wird der Abstand zwischen zwei waagrechteten Gitterlinien im linearen Darstellungsmodus definiert. Die Einheit ist Prozent.

y-Grid bei logarithmischer Darstellung: Hier wird der Abstand zwischen zwei waagrechteten Gitterlinien im logarithmischen oder *LIN/LOG*-Darstellungsmodus definiert. Die Einheit ist dB. Arbeitet man im aktiven *LIN/LOG*-Modus, empfiehlt sich, daß sich die Dekaden mit gleichen Ziffern wiederholen (d.h. die Skalierwerte sind zwischen zwei Dekaden nur um Zehnerpotenzen verschoben). Dazu muß ein ganzzahliger Teiler von 20 eingegeben werden (also 10, 5, 4, 2 oder 1), da 20 dB einem Spannungsverhältnis von 10:1 entsprechen. *Hinweis:* Die Skalierwerte werden auf zwei signifikante Stellen gerundet.

x-Grid bei... in Hz: Dieser Wert legt den Abstand zweier senkrechten Gitterlinien fest, falls als Einheit der Abszisse Hz gewählt wurde. Die Einheit dieses Wertes ist Hz.

x-Grid bei... in min^{-1} : Dieser Wert legt den Abstand zweier senkrechten Gitterlinien fest, falls als Einheit der Abszisse min^{-1} gewählt wurde. Die Einheit dieses Wertes ist min^{-1} .

$n(\text{min})$ bzw. $f(\text{min})$: Voreinstellung, die bei Aufruf von *Auswertung* verwendet wird (siehe $n(\text{max})$).

$n(\text{max})$ bzw. $f(\text{max})$: Voreinstellung, die bei Aufruf von *Auswertung* verwendet wird. Ist $n(\text{max}) \leq n(\text{min})$, so werden beide Voreinstellungen ignoriert und der maximale Bereich der Messung gezeigt.

2.2.5 Datensatz Plotter

Dieser Datensatz enthält die Parameter für die Plotterausgabe des Diagramms. Man gelangt in das Menü Plotten durch Drücken von **[6]** oder **[P]** im Hauptmenü.

Schnittstelle...: Hier kann man die Schnittstelle des PCs zum Plotter auswählen. Zur Auswahl stehen LPT1, LPT2, COM1 und COM2. Gibt man **[5]** ein (entspricht *nur File*), wird ein HPGL-File unter dem Namen *Meßname.HPG* erzeugt. Wird **[6]** ausgewählt (entspricht *TSAPLOT*), so wird zunächst ein HPGL-File generiert und anschließend „*TSAPLOT.BAT*“ aufgerufen und als Parameter nur der Meßname (ohne Pfadangabe) übergeben. Hier können eigene Ausgaberroutinen installiert werden, z.B. *SERPLOT*.

Stift für...: Hier wird ein Plotterstift (1... 8) ausgesucht, mit dem geplottet werden soll.

Muster für...: Hier wird das Linienmuster ausgewählt, das geplottet werden soll. Der anzugebende Ausdruck muß zwischen 0 und 60 liegen. Die erste Stelle gibt das Muster selbst, die zweite Stelle die Wiederhollänge an. Voneinander gut zu unterscheidende Muster sind 1, 10, 11, 21, 22, 33, 35 und 56. Unter folgenden Mustern kann man wählen:

1 bis 9:	_____	bis	_____
10 bis 19:	bis
20 bis 29:	— — — — —	bis	— — — — —
30 bis 39:	-----	bis	- . - . - . - . - .
40 bis 49:	bis	- . . - . . - .
50 bis 59:	- - - - -	bis	— - — - — -

Papiergröße: Als Papierformat kann zwischen *DIN-A4* und *DIN-A3* gewählt werden. Dieser Parameter paßt lediglich die Schriftgröße der Einstellung des Plotters an und ändert nichts an der Gesamtgröße des Plotts.

Gesamtlänge: Hier kann man die Größe der Längsseite des Rahmens in mm angeben. Für das Format *DIN-A4* hat sich die Länge 259 mm bewährt, für *DIN-A3*-Plotts eine Länge von 375 mm.

Stiftgeschwindigkeit: Dieser Wert enthält die Geschwindigkeit des Plotterstiftes in $\frac{cm}{s}$. Empfehlenswert sind Geschwindigkeiten um $10 \frac{cm}{s}$, dies ist jedoch von Papier, Plotter und Plotterstift abhängig.

Pfad für HPGL-Dateien: Unter diesem Pfad werden die erzeugten HPGL-Dateien gesichert. Es ist wichtig, daß ein Pfad bereits unter diesem Namen mit *MD Name* auf DOS-Ebene eingerichtet worden ist, da sonst die Dateien nicht abgespeichert werden. Auch darf bei der Wahl eines Namens der

Backslash \ nicht vergessen werden. Als Standardverzeichnis wird *PLOT* vorgeschlagen.

Einzubindende Grafik/Datei: Am Ende eines Plotts wird die hier angegebene Datei nachgeladen und geplottet. Diese Datei wird vom Benutzer mit einem Textverarbeitungsprogramm geschrieben und enthält HPGL-Befehle. Man hat somit die Möglichkeit ein Firmenlogo und weitere Extras auf sein Dokument zu plotten.

Ein HPGL-Befehl ist allerdings nicht möglich: *SI Breite,Höhe*;. Dieser Befehl kann durch folgenden ersetzt werden:

INI TEXT: (das anschließende Return ist wichtig)
Höhe, Breite (bei Gesamtlänge = 375 mm ist die Einheit mm)

Der Befehl `LBText+chr$(3)` für die Textausgabe kann einigen Textverarbeitungsprogrammen wegen seines Schlußzeichens Schwierigkeiten bereiten. Hier kann wahlweise auch (mit Ursprungs koordinaten)

TEXT: (das anschließende Return ist wichtig)
x-Koordinate, y-Koordinate, Text (Einheit = mm bei DIN-A3)

verwendet werden. Diese Datei ermöglicht auch die Verwendung eines automatischen Papiereinzugs, da man am Ende dieser Datei den HPGL-Befehl *PG 10;* einsetzen kann.

2.3 Menüpunkt Messung

Vor Aufruf der Messung sollte der TSA angeschlossen und eingeschaltet sein. Als erstes werden die Einstellungen des TSA gesendet. Es baut sich das Menü für die Messung auf dem Bildschirm auf.

Die Amplitudenwerte werden als Säulen dargestellt. Links von einer Säule wird die Filterfrequenz angezeigt, darunter der aktuelle Meßwert. Die Säulen bestehen aus maximal 65 Zeichen. In der logarithmischen Darstellung entspricht ein Zeichen einem dB, in der linearen Darstellung werden maximal 130 % des definierten Meßbereiches angezeigt (ein Zeichen entspricht 2 % des Meßbereiches). Rechts von einer Säule wird die eingestellte Ordnung angezeigt. Bei Ordnung 0 wird *SUMME* ausgegeben und die Filterfrequenz der 1. Ordnung angezeigt.

In der 1. Zeile werden die benutzten Datensätze ausgegeben. Hier werden auch Fehler während der Messung angezeigt: *UNLOCK*, *OVER* oder beides. Bei einem

Fehler ändert sich das Muster der Säulen und es werden bei aktivem Aufnahme-modus keine Daten übernommen. In der logarithmischen Darstellung kann mit der Taste **[0]** der Offset der Säulen verändert werden. Wird der Offset größer gewählt, verschieben sich die Säulen nach links, wird der Offset kleiner gewählt, verschieben sich die Säulen nach rechts. Der aktuelle Wert des Offsets wird in der 1. Zeile angezeigt.

Nach Aufruf der Messung wird der Puffer, falls er nicht leer ist, automatisch gelöscht. Während der Messung kann die Zähnezahl geändert werden (dem Kommentar der Information wird automatisch $Z=\text{Zähnezahl}$ hinzugefügt).

Wird der Automatikbetrieb mit **[A]** eingeschaltet, wird der Puffer gelöscht und die Meßdaten aufgezeichnet. Erreicht man $n(\max)$ bzw. $f(\max)$ (siehe 2.2.2), wird die Messung gesichert, der Puffer erneut gelöscht und eine zweite Messung gestartet. Diese endet entweder nach Eingabe von **[E]** oder **[ESC]** oder mit dem Erreichen von $n(\min)$ bzw. $f(\min)$. Mit dieser Funktion kann eine automatische *Zug-/Schubmessung* ausgeführt werden.

In der 2. Zeile werden Informationen zur Aufzeichnung ausgegeben. Folgende Tasten können innerhalb des Menüpunktes Messung betätigt werden:

L oder C	Löscht Meßwertmatrix
B	Startet die Aufzeichnung (es blinkt AUFNAHME oder WEITER..)
S	Stoppt die Aufzeichnung (Meßwertmatrix wird nicht gelöscht)
F	Fernbedienung an/aus (ist eine Toggle-Funktion)
A	Automatikbetrieb an/aus (ist eine Toggle-Funktion)
	Meßwertmatrix wird gelöscht
Z	Zähnezahl ändern
E	Beenden der Messung, Rücksprung ins Hauptmenü
ESC	Beenden der Messung, Rücksprung ins Hauptmenü

2.4 Menüpunkt Auswertung

Zur Auswertung gelangt man vom Hauptmenü durch Drücken von **[2]** oder **[A]**. Es wird nach dem Namen der Messung gefragt. Existiert für diese Messung keine Informations-Datei, so wird in die Informations-Routine gesprungen. Nach Eingabe der Daten geht es mit der Auswertung weiter. Danach gelangt man in den Grafikmodus. Die Einheit der x-Achse befindet sich links oben, die Einheit der Meßwerte rechts unten. Mit folgenden Tasten können nun die Graphen eingeblendet und bearbeitet werden:

ESC	Rücksprung ins Hauptmenü
G	Darstellungsart (Punkt- oder Liniengrafik)
O	Offset ändern (nur bei logarithmischer Darstellung)
B	Beginn (Startwert der Abszisse bzw. Führungsgröße)
E	Ende (Endwert der Abszisse bzw. Führungsgröße)
H	Einheit der Abszisse in Hz
M	Einheit der Abszisse in min^{-1}
A	Alle Graphen auf Bildschirm ausgeben
O	Modus „nur einen Graphen wählen“ aktivieren
+	Modus „Graphen einblenden“ aktivieren
-	Modus „Graphen ausblenden“ aktivieren
S	Spline an/aus
P	Grafik plotten
?	Hilfsfenster einblenden

Möchte man eine Messung plotten, so gelangt man vom Grafikmodus durch Drücken von **P** in die Plotter-Routine.

2.5 Edierfunktionen beim Ändern von Parametern

Mit **INSERT** kann zwischen dem Überschreib- und dem Einfügemodus gewählt werden. Einen aktiven Einfügemodus erkennt man an der schwarzen Schrift auf hellem Hintergrund, bei Überschreibmodus wird die Farbgebung invertiert. Wird als erste Eingabe der Cursor bewegt, so bleibt der alte Parameter-Wert zum Edieren erhalten. Wird als erstes ein Zeichen eingegeben, wird der alte Parameter-Wert komplett gelöscht. Offensichtlich unsinnige Eingaben (z.B. Buchstaben bei Eingabe einer Zahl) können nicht eingegeben werden. Der Standardwert wird gewählt, falls Definitionsbereiche überschritten werden. Folgende Kommandos sind beim Edieren von Parametern erlaubt:

2.5.1 Parameteränderung beenden

RETURN	Wert übernehmen und zum nächsten Parameter springen
↓	Wert übernehmen und zum nächsten Parameter springen
↑	Wert übernehmen und zum vorherigen Parameter springen
Page UP	Wert übernehmen und zum ersten Parameter springen
Page DOWN	Wert übernehmen und zum letzten Parameter springen
ESC	Wert übernehmen und die Parameter-Eingabe beenden

2.5.2 Cursor bewegen

→	Textcursor um eine Stelle nach rechts
←	Textcursor um eine Stelle nach links
HOME	Textcursor an die erste Stelle
END	Textcursor an die letzte Stelle

2.5.3 Aktuelle Eingabe korrigieren

BACKSPACE	Zeichen links vom Cursor löschen
DELETE	Zeichen unter dem Cursor löschen
CTRL + HOME	Text ab Cursorposition bis Textende löschen
CTRL + END	stellt den Eingangszustand wieder her

2.6 Vergleich von Messungen

Mit Hilfe des unabhängigen Programms *ADDTAB.EXE* ist es möglich, die Graphen verschiedener Messungen in eine Messung abzuspeichern. Bei Aufruf ist folgende Syntax zu beachten:

ADDTAB *Messung_A* *Messung_B* Kanal(A)Kanal(B) Kanal(A)Kanal(B) ...

Beispiel: Es sollen die Graphen 1, 2 und 3 der Messung „DEMO“ auf die Kanäle 4, 6 und 8 der Messung „TEST“ kopiert werden:

ADDTAB DEMO TEST 14 26 38

Hinweis: Die Messung und Informations-Datei der *Messung_B* (im obigen Beispiel ist die Messung *TEST* die *Messung_B*) wird überschrieben. Darum ist es ratsam mit einer umbenannten Kopie von *Messung_B* zu arbeiten, da sonst einige Kanäle von *Messung_B* verloren gehen.

2.7 Fehlermöglichkeiten

Ist der TSA ausgeschaltet und mit dem Computer verbunden, so durchläuft die Software nach Aufruf von Menüpunkt Messung eine Endlos-Schleife. Ursache dafür ist, daß der TSA bestimmte Leitungen der seriellen Schnittstelle kurzschließt.

Funktioniert das Plotten nicht fehlerfrei, könnte der DOS-Befehl *MODE Schnittstelle:,,P* weiterhelfen. Mit diesem Befehl werden die Daten zum Drucker in einer Endlos-Schleife wiederholt, es kommt nicht zu Laufzeitfehlern. Beispiel:

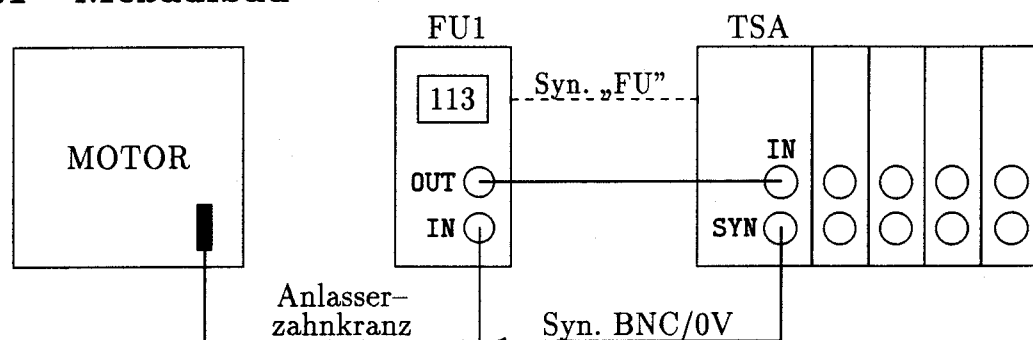
MODE LPT1:,,P

Kapitel 3

Anwendungsbeispiele

3.1 Ungleichförmigkeitsmessung mit FU1 oder FU10

3.1.1 Meßaufbau



Das Meßsignal wird mit dem F/U-Wandler-Eingang verbunden. Auf den Signal-Eingang des TSA wird der F/U-Wandler-Ausgang gelegt. Am F/U-Wandler wird die Anzahl der Impulse pro Umdrehung (Zähnezahl) eingestellt. Ist der F/U-Wandler direkt links neben dem TSA1-Einschub installiert so ist die Leitung zwischen Synchronisations-Eingang des TSA und des Meßsignales nicht mehr nötig.

3.1.2 Synchronisation

Ist der F/U-Wandler direkt links vom TSA1-Einschub installiert, kann die Synchronisation intern über den Analogbus erfolgen. Dazu muß im Datensatz System bei Synchronisation der Punkt „FU“ gewählt werden.

Eine externe Synchronisation kann wie folgt realisiert werden: Pick-Up an F/U-Wandler-Eingang und TSA anschließen. Im Datensatz System bei Synchronisation „BNC/0V“ wählen.

Bei interner und externer Synchronisation ist im Datensatz System und am F/U-Wandler die korrekte Zähnezahl (bzw. Impulszahl) einzustellen.

3.1.3 Meßsignal

Der F/U-Wandler FU1 hat drei normierte Meßbereiche: $2 \frac{\text{mV}}{\text{min}^{-1}}$, $1 \frac{\text{mV}}{\text{min}^{-1}}$ und $0,5 \frac{\text{mV}}{\text{min}^{-1}}$. Für PKW-Messungen sollte der Meßbereich 6000 min^{-1} oder 12000 min^{-1} benutzt werden. Da die Ungleichförmigkeit (in der Regel) weniger als 50 min^{-1} beträgt, sollte der Meßbereich des TSA auf $100 \mu\text{V} \dots 100 \text{ mV}$ eingestellt werden. Dieser Meßbereich entspricht Ungleichförmigkeiten von $0,1 \dots 100 \text{ min}_{\text{eff}}^{-1}$. Die statische Drehzahl (Gleichspannung am Ausgang des F/U-Wandlers mit 1 V pro 1000 min^{-1}) wird vom TSA abgetrennt.

Wichtig: Der F/U-Wandler muß auf T-T stehen, damit von Zahn zu Zahn gemessen wird. Der Jumper für das Tiefpaßfilter ist auf *OFF* zu stecken, oder man verwendet ein f_g -Modul (Widerstandsnetzwerk) mit $2,5 \text{ kHz}$ Grenzfrequenz.

Datensatz SYSTEM für Winkelgeschwindigkeit

Auf der Installationsdiskette befindet sich unter dem Namen *PLLM1100* eine System-Datei für die Einstellung $1 \frac{\text{mV}}{\text{min}^{-1}}$ am F/U-Wandler. Dabei werden die Werte in LIN/LOG-Darstellung gezeigt, wobei als größte Ungleichförmigkeit 100 min^{-1} eingestellt ist.

Da das Signal bereits die Winkelgeschwindigkeit darstellt, wird weder integriert noch differenziert.

Der TSA zeigt Effektivwerte an. Üblich ist jedoch den Spitzenwert anzugeben. Eine Ordnung entspricht einem sinusförmigen Signal. Darum kann eine Umberechnung von Spitzen- zu Effektivwert mit dem Multiplikator $\sqrt{\frac{1}{2}} \approx 0,707$ erfolgen. Man gelangt zu folgender Einstellung:

100 min^{-1} (100 mV) entsprechen $70,7 \text{ mV}$ ($70,7 \text{ min}^{-1}$) effektiv am TSA.

Datensatz SYSTEM für Winkel

Der System-Datensatz mit dem Namen *PLLGR2* ist für die Einstellung $1 \frac{\text{mV}}{\text{min}^{-1}}$ am F/U-Wandler vorgesehen. Dabei werden die Meßwerte in LIN/LOG-Darstellung gezeigt mit einem Winkel von maximal 2 Grad Spitzenwert. Bei der Umrechnung

sind folgende Faktoren berücksichtigt: 2π zur Umwandlung $\omega \rightarrow \text{Hz}$, Umwandlung $\text{rad} \rightarrow \text{Grad}$, $\sqrt{2}$ zur Umwandlung von Effektivwert \rightarrow Spitzenwert. Außerdem wird das Signal über die Frequenz integriert (Herleitung der Formel wird auf Anfrage gerne beantwortet):

2 Grad entsprechen 1,485 mV effektiv am TSA (bei 1 Hz).

Datensatz SYSTEM für Beschleunigung

PLLRS2K5 ist ein System-Datensatz für die Messung von Beschleunigungen. Auch hier ist die Einstellung $1 \frac{\text{mV}}{\text{min}^{-1}}$ am F/U-Wandler vorausgesetzt. Die Darstellung erfolgt logarithmisch mit linearer Beschriftung. Das Signal wird differenziert und nach Einsetzen aller Korrekturkonstanten erhält man folgende Beziehung (wird auf Anfrage gerne beantwortet):

$5000 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$ entsprechen 5372 mV am TSA (bei 1 Hz).

3.1.4 Summen-Messung bei Ungleichförmigkeit

Wird eine bestimmte Ordnung gemessen, werden nicht harmonische Signale ausgefiltert. Da die Filterfrequenz bekannt ist, kann der Meßwert durch die Filterfrequenz geteilt werden (Integration; Korrekturfaktor ist dabei nötig) oder mit der Filterfrequenz multipliziert werden (Differentiation; auch hier benötigt man einen Korrekturfaktor).

Die gefilterte Ordnung ist ein sinusförmiges Signal. Darum gilt für Effektivwert \rightarrow Spitzenwert die Proportionalitätskonstante $\sqrt{2}$.

Problematisch ist die Summen-Messung. Alle Werte von 5 Hz... 8 kHz des Eingangssignals gehen in den effektiven Summenpegel ein. Beim Integrieren wird der Wert durch die Frequenz der 1. Ordnung geteilt, beim Differenzieren mit der Frequenz der 1. Ordnung multipliziert. Darum sind die angezeigten Werte *falsch bewertet*. Soll das Summensignal integriert oder differenziert werden, so ist das Eingangssignal zu integrieren oder differenzieren. Mit einer Software ist dies nicht möglich.

Unser Meßeinschub **Integrierer/Differenzierer ID1** bietet eine Hardware-Lösung für dieses Problem. Mit ihm kann auch mit einem Oszilloskop oder einem anderen Zeitaufzeichnungsgerät der Ungleichförmigkeits-Winkel oder die Winkelbeschleunigung aufgenommen werden.

3.1.5 Weitere Aspekte zum Summensignal

Der TSA mißt den Effektiv-Wert. Wird für bestimmte Ordnungen der Spitzenwert angezeigt (durch Korrektur mit $\sqrt{2}$), ist das korrekt. Ist das Summensignal sinusförmig, stimmt auch hier der angezeigte Spitzenwert. Bei nicht-sinusförmigen Summensignalen wird der Effektivwert $\cdot \sqrt{2}$ angegeben, da der Spitzenwert von der Hardware nicht erfaßt wird.

3.1.6 Summensignal bei Ungleichförmigkeitsmessungen

Die Ungleichförmigkeit ist meist sehr gering. Darum führen ungleiche Zahnabstände und *ripple* des F/U-Konverters besonders bei hohen Drehzahlen zu überhöhten Effektivwerten und verfälschen so die Messung.

Abhilfe schafft in der Regel ein Tiefpaßfilter (er ist im F/U-Konverter eingebaut und per Jumper zuschaltbar), das die Zahnfrequenz dämpft. Mit einem f_g -Modul (Widerstandsnetzwerk) mit Grenzfrequenz 1 kHz werden die hohen Zahnfrequenzen vorgefiltert und die Summe der Ordnungen genauer angezeigt (bei 20. Ordnung bis 3000 min^{-1} , bei 10. Ordnung bis 6000 min^{-1}). Ohne dieses Filter wird die Fertigungsgenauigkeit des Zahnrades und nicht die Motorungleichförmigkeit gemessen.