

# Zweck und Funktion des Lastkollektivsammlers

Beat Brunner, Institut für Flugzeugtechnik u. Leichtbau, ETH-Zürich.

Vortrag, gehalten auf dem XVII. OSTIV-Kongress, Paderborn (BRD), 1981.

Der Lastkollektivsammler misst und registriert Dehnungen, Kräfte oder Beschleunigungen an dynamisch beanspruchten Bauteilen über längere Zeit (bis zu mehreren Monaten). Die Messwerte werden von einem Mikroprozessor verarbeitet und in reduzierter Form in einen Datenspeicher geschrieben. Nach der Messung können die Daten mit einem Mikrocomputer ausgedruckt oder weiterverarbeitet werden. Die vorhandenen Programme sind auf Materialermüdung ausgerichtet. Wegen der kleinen Abmessungen und des geringen Gewichts ist der Lastkollektivsammler besonders geeignet, am zu untersuchenden Objekt im normalen Betrieb ohne Behinderung durch aufwendige Messapparaturen eingesetzt zu werden.

Der Lastkollektivsammler (LKS) wurde am Institut für Flugzeugstatik und Leichtbau der ETH Zürich entwickelt, um Lastkollektive von dynamisch beanspruchten Bauteilen unter normalen Betriebsbedingungen aufzunehmen.

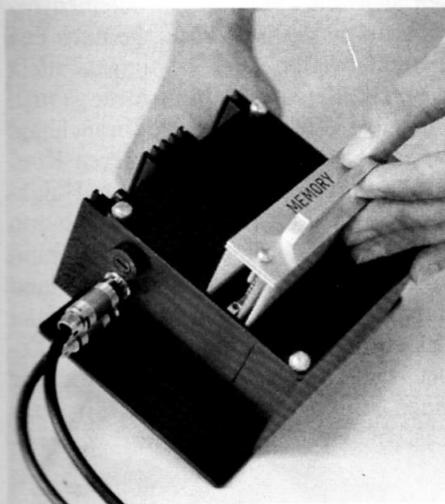


Abbildung 1: LKS mit Speichereinschub

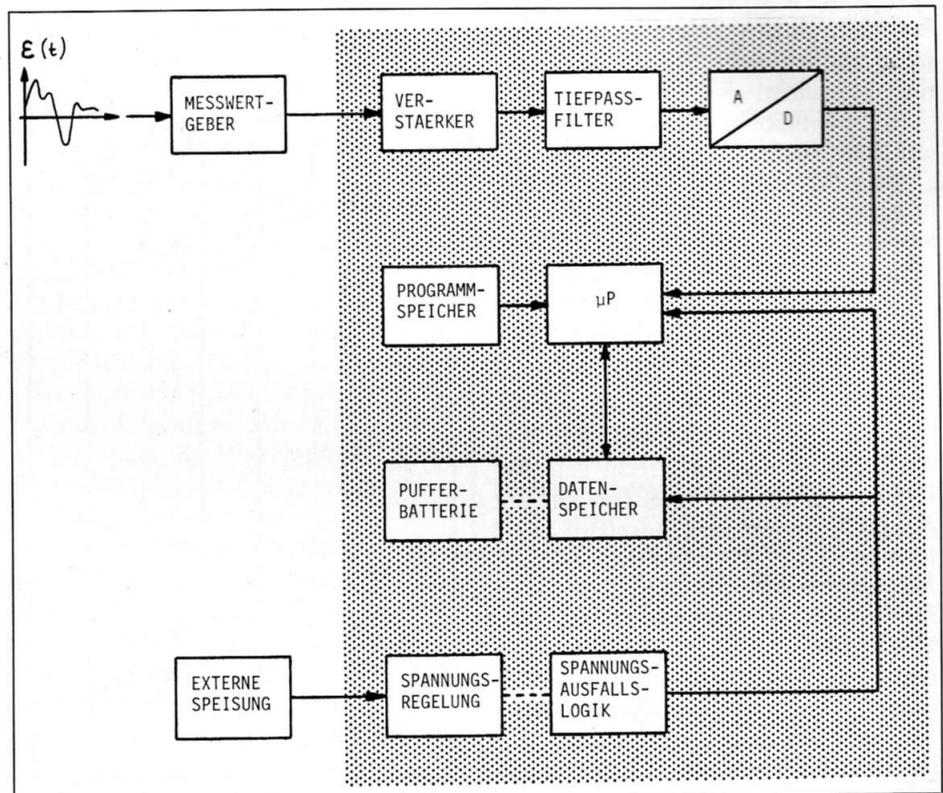


Abbildung 2: Blockschaltbild des LKS

Grundsätzlich können mit dem LKS Größen gemessen und registriert werden, die elektrisch erfassbar sind. Da wir uns hier auf die Anwendung als Dehnungs- bzw. Ermüdungsregistriergerät beschränken, kommen als Messgrößen Dehnungen, Beschleunigungen oder Kräfte in Frage. Als Messwertgeber sind Dehnungsmessstreifen (DMS) in Brückenschaltung besonders geeignet; ihr elektrisches Ausgangssignal wird via Messkabel von der Messstelle zum LKS übertragen, wo es verstärkt und gefiltert wird (vgl. Abb. 2).

Der Mikroprozessor ( $\mu P$ ) tastet das digitalisierte Signal periodisch ab und speichert es nach der Verarbeitung in reduzierter Form in einem Schreib-/Lesespeicher (CMOS-RAM). Zur Verarbeitung des Signals stehen dem Prozessor mehrere Programme in Form von austauschbaren Festwertspeichern (EPROMs) zur Verfügung:

Beim RAINFLOW-Programm untersucht der  $\mu P$  das Signal nach Extremalwerten. Die gefundenen Maxima und Minima werden kontinuierlich zu einer Kombination von Amplitude und Mittelwert reduziert. Jeder dieser Kombina-

tion ist ein Platz in einer  $31 \times 31$ -Matrix zugeordnet, in welchem die Anzahl der aufgetretenen Belastungszyklen (max.  $16,7 \cdot 10^6$  je Matricelement) gespeichert wird. Auf diese Weise kann der Speicheraufwand in Grenzen gehalten werden, wobei natürlich die Reihenfolge der Zyklen nicht mehr herausgelesen werden kann (siehe Beschreibung des RAINFLOW-Verfahrens).

Das TIME-AT-LEVEL-Programm misst bei jeder Abtastung (alle ms) den Pegel (Level) des Signals und zählt ein Ereignis für diesen Pegel. Als Resultat erhält man für jeden Pegel die Zeit, während der das Signal diesen Wert innehatte.

Beim SEQUENTIAL-PEAK-VALLEY-Programm (SPV) werden wieder Extremalwerte gesucht, welche fortlaufend als «Peaks» und «Valleys» gespeichert werden. Hier bleibt die Reihenfolge der Belastungszyklen erhalten, mit der vorhandenen Speicherkapazität ist jedoch die maximale Anzahl von Peaks bzw. Valleys auf 1876 beschränkt. Im weiteren kann eine periodische Zeitmarke eingeflochten werden.

Die Verarbeitungsprogramme RAIN-

FLOW und TIME AT LEVEL sind Zählverfahren, bei denen die Messwerte nach Klassen geordnet gezählt werden, während das SPV-Programm die Messwerte ähnlich einer Bandaufnahme direkt abspeichert.

In der Ermüdungsforschung sind weitere Zählverfahren bekannt:

- Peak Counting
- Mean Crossing Peak Counting
- Level Crossing
- Range Counting
- Range Pair Counting

Der Aufbau und die Programmstruktur des LKS eignet sich für alle diese Zählverfahren. Für die Berechnung von Ermüdungsschäden erhält man mit dem RAINFLOW-Verfahren recht gute Resultate, weshalb der LKS von uns mit diesem Programm verwendet wird.

#### Beispiel einer LKS-Messung

Zu Testzwecken verwendeten wir einen Motorsegler ASK 16. Mittels einer DMS-Vollbrücke wurde die Dehnung in einem Querschnitt des Flügelholms mit hohem Biegemoment gemessen. Der LKS wurde an einem gut zugänglichen Ort in der Nähe der Messstelle montiert.

Nach dem Messflug wird das Speichermodul (RAM mit Pufferbatterie) aus dem LKS gezogen und an einem geeigneten Mikrocomputer angeschlossen.

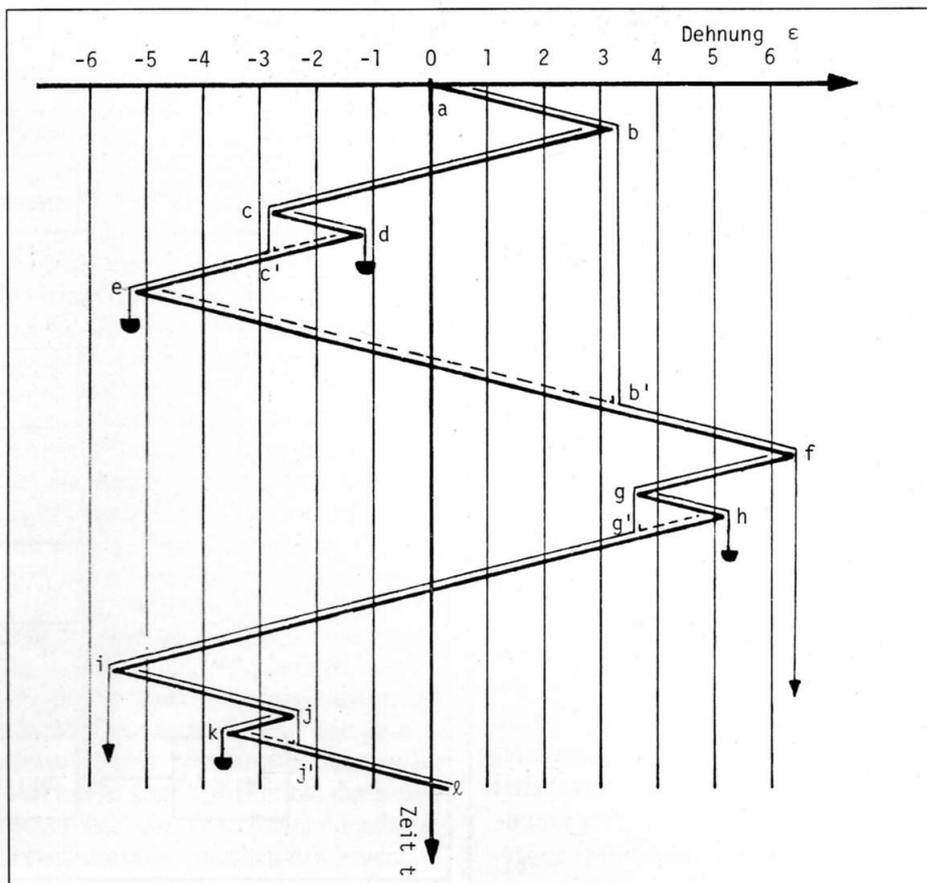


Abbildung 4: Zeitlicher Verlauf einer Dehnung

Der Inhalt des Speichers wird dann auf einer Diskette oder auf einer Kassette gespeichert, so dass die Messresultate je-

derzeit für eine Weiterverarbeitung beliebiger Art zur Verfügung stehen. Das Speichermodul kann sofort neu initialisiert und für weitere Messungen verwendet werden. Mit Hilfe von BASIC-Programmen werden die Resultate in der gewünschten Form ausgedruckt oder für Schadens- und Restlebensdauerberechnungen weiterverarbeitet.

#### Verwendung von Lastkollektiven

Immer mehr Gebiete der Technik müssen sich mit Ermüdungsproblemen beschäftigen, weshalb die Frage nach den Extremalwerten der Dehnungen allein bei einer Messung oft nicht mehr genügt. Für viele Werkstoffe gibt es brauchbare Verfahren zur ermüdungssicheren Konstruktion (Goodman-Diagramm, Haigh-Diagramm, Schadensakkumulation nach Palmgren-Miner), welche aufgrund von einfachen Lastkollektiven von Hand durchgeführt werden können. Will man jedoch den Ermüdungsschaden, die Lebensdauer oder die Restlebensdauer einer Struktur bestimmen oder ist das Lastkollektiv umfangreicher, so emp-

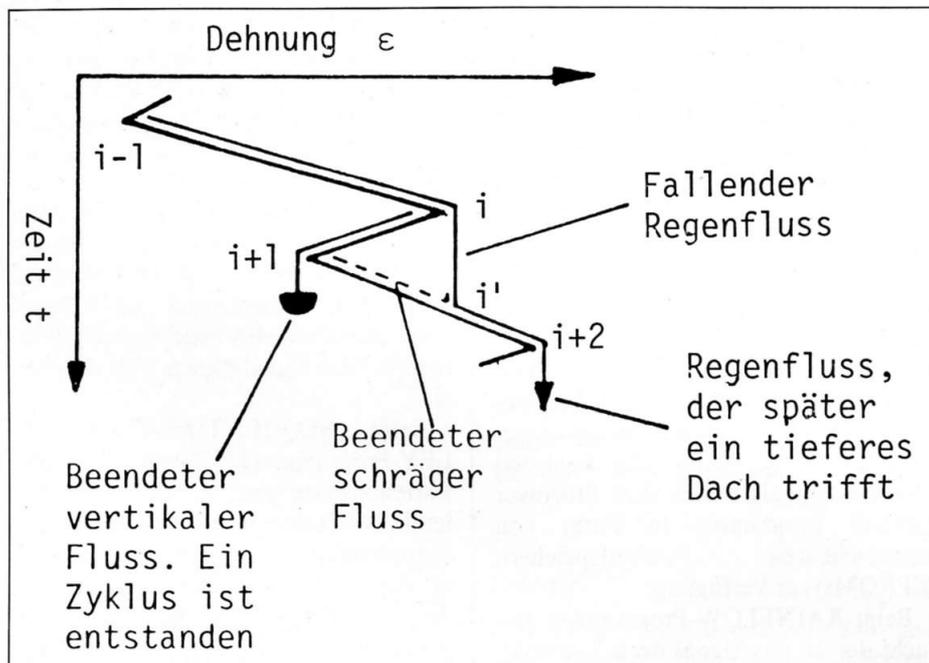


Abbildung 3: Definition des Vollzyklus im Rainflow-Verfahren

