



Fachverband der Schweizerischen Kies- und Betonindustrie

CUSUM: Alternativmethode für Konformitätsnachweis mit Mehrwert

Ernst Honegger, Dipl. Bauing. ETH, Leiter Technik, FSKB, Bern



Sinn und Zweck von Kontrollkarten

- dienen **systematischer Aufzeichnung** von Kenngrössen, die Qualität von Produkt bestimmen
- **frühzeitiger Soll-Ist-Vergleich**, um Abweichungen möglichst früh erkennen und rechtzeitig eingreifen zu können



Welche Informationen liefern Kontrollkarten?

- Kontrolle, ob Zielwert erreicht wird
- **liefern Abweichungen vom Zielwert**
- liefern Hinweise, was bei Abweichungen grundsätzlich zu tun ist
- **zeigen an, ab wann geforderte Anforderungen nicht mehr erfüllt sind**

keine isolierte Betrachtung von Kontrollkarten



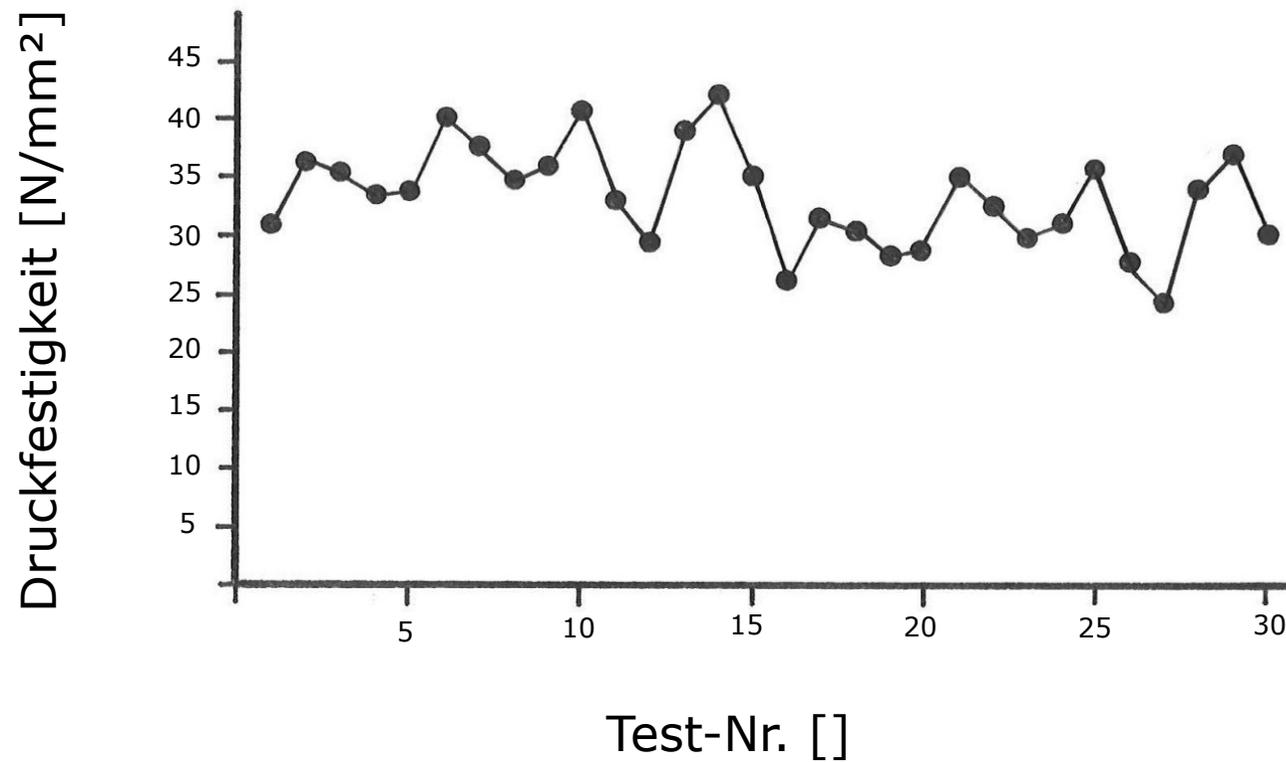
- Kontrollkarten auch für übrige Produktionskontrollen nutzen
- **Kontrollkarten liefern Info über Prozess, aber ohne Interpretation**
- möglichst ganzheitliche Ergebnisanalyse führt zu Massnahmen, die effizient greifen

Mehrwert aus Gebrauch von Kontrollkarten



Richtiger Gebrauch von Kontrollkarten im Rahmen der WPK reduziert das Risiko bezüglich Nichtkonformitäten erfahrungsgemäss deutlich.

Aufbau von Kontrollkarten



CUSUM

- Abkürzung für ***Kumulative Summen-
methode***
- bei Betonproduktion wird CUSUM vor allem für **3** Parameter gebraucht
 - ➔ CUSUM **M**: mittlere Druckfestigkeit
 - ➔ CUSUM **R**: mittlere Standardabweichung
 - ➔ CUSUM **C**: Korrelation

CUSUM

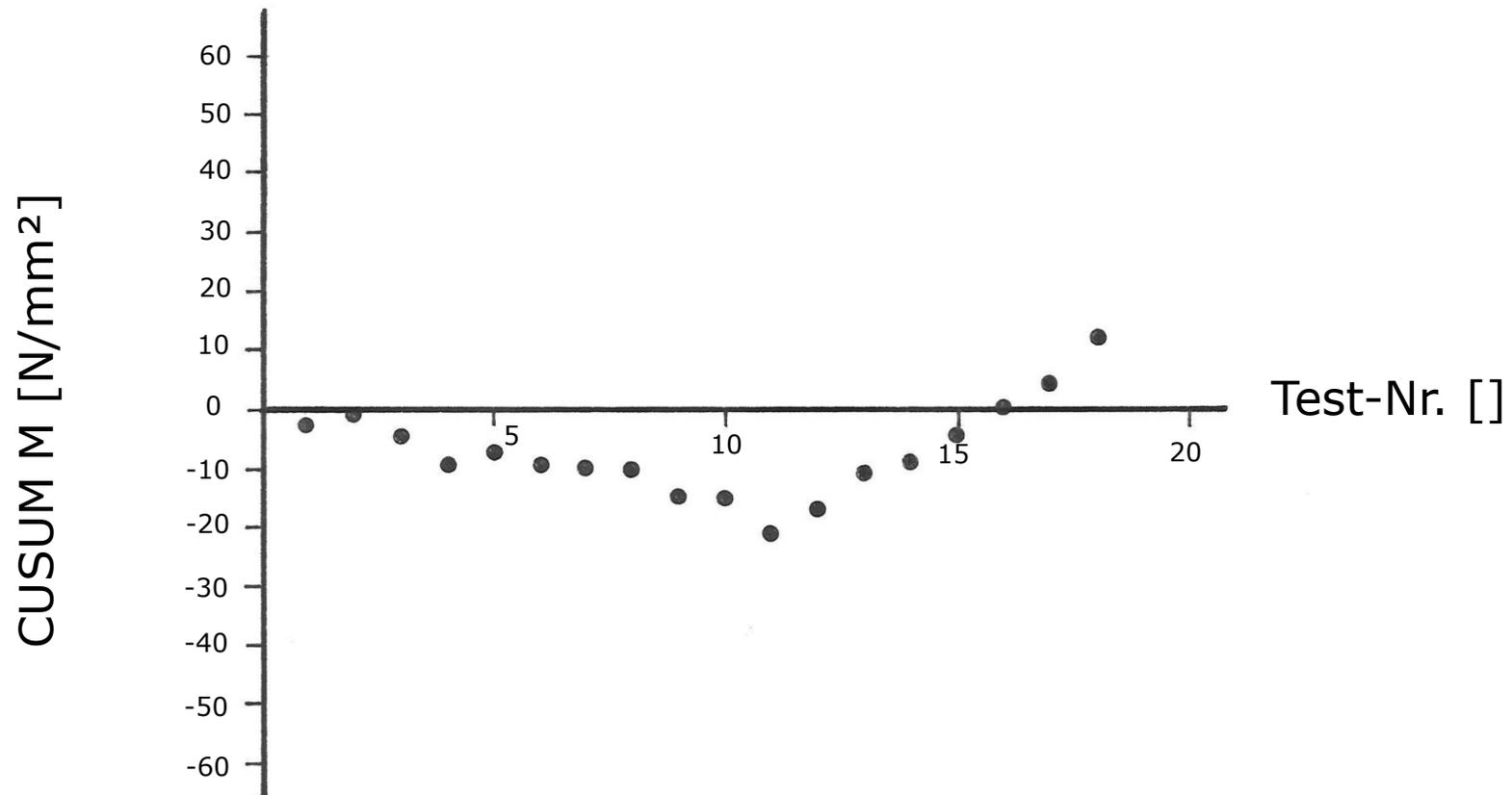
- bei CUSUM-Methoden wird **immer die Differenz eines Prüfergebnisses zum Zielwert** dargestellt
- über der Test-Nr. werden in Kontrollkarten die **addierten Differenzen unter Einbezug der vorhergehenden Prüfergebnisse** aufgetragen

Bestimmung CUSUM-Wert am Beispiel mittlerer Druckfestigkeit

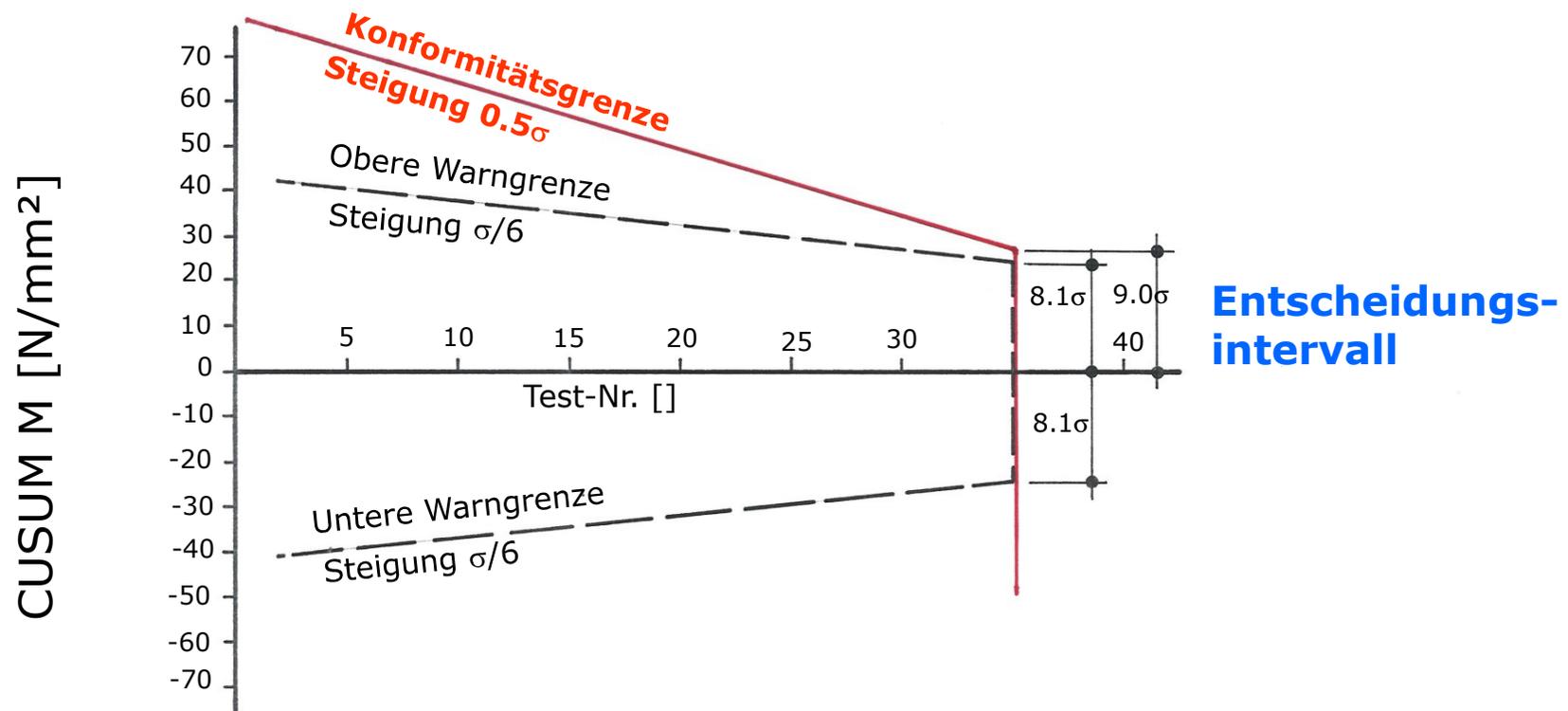


Test-Nr.	f_{c28} [N/mm ²]	Δ zu $f_{cm28} = 40$ [N/mm ²]	CUSUM [N/mm ²]
1	37	-3	-3
2	42	+2	-1 = -3 + 2
3	36	-4	-5 = -1 - 4
4	35	-5	-10 = -5 - 5
5	42	+2	-8 = -10 + 2
6			

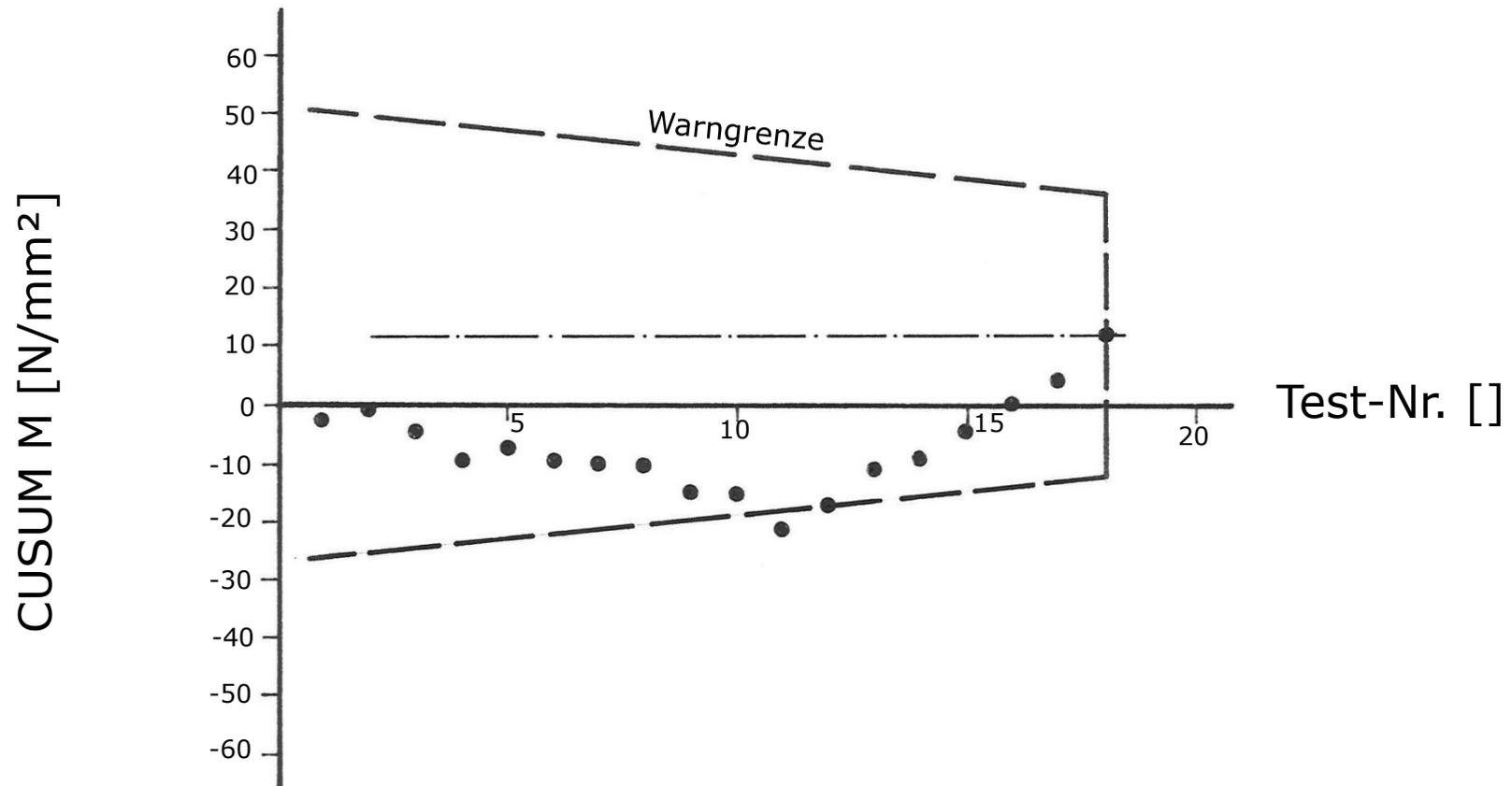
CUSUM-Kontrollkarte für f_{cm} ohne V-Maske



V-Maske für Produktionsbeurteilung



Beurteilung des Produktionsverlaufs mit CUSUM





Vorgehen, wenn CUSUM-Ergebnis zum Handeln zwingt

für Anpassung Zementgehalt hat sich folgende parabolische Gleichung bewährt:

$$dc = 0.75 \cdot C_{mra} \cdot [(Dl/n + G)]$$

dc = Änderung Zementmenge [kg/m³]

0.75 = Glättungsfaktor für Vermeidung
Überreaktion

C_{mra} = 5-6 [kg/m³]



Vorgehen, wenn CUSUM-Ergebnis zum Handeln zwingt

DI = Entscheidungsintervall [N/mm²]

n = Anzahl vorliegender Tests

G = Steigung V-Maske [N/mm²]



Ideale Voraussetzungen für CUSUM

- für **optimale Nutzung von CUSUM für Produktionssteuerung** zeigt Erfahrung, dass Auswertung auf **Frühfestigkeit** erfolgen soll → z.B. f_{c7}
- **16 Testergebnisse/Monat** sollten mindestens vorliegen

Ideale Voraussetzung für CUSUM

- ***Achtung:***

wenn **fc** nicht **kritische** Betonkenngrösse, dann von **kritischem Parameter** auf **resultierende fcm** schliessen und diese für CUSUM M verwenden

← ***sonst falsche
Interventionsgrenze***

CUSUM: weitergehende Anwendungen

- CUSUM für mittlere Standardabweichungen
- **CUSUM für Korrelation**
- Multivariable CUSUM-Systeme  z.B. in gleichem Diagramm f_c , ρ , Temperatur, Konsistenz darstellen
- **«Mehrbereich»-CUSUM  Vorteil:**
höhere Datendichte in Abhängigkeit Zeit, die Ursachenerkennung früher zulässt

Literatur zu CUSUM

- Ian Gibb, Tom Harrison; Use of control charts in the production of concrete; ERMO 2010
- British Standards Institution; Guide to data analysis and quality control using CUSUM techniques; BS 5703:2003
- ISO; Cumulative sum charts – Guidance on quality control and data analysis using CUMUS techniques; ISO/TR 7871:1997



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit