Control – Das veränderte System dauerhaft steuern

Example – Control:
After improving, developing or innovating the logistics system, the company controls it through a continuous M-Q-M feedback loop. Actual outcomes in Q4—such as backlog, service level, quality, energy consumption, costs and emissions—trigger approved Q1 rules, adjust Q2 resource allocation and update the next Q3 plan. The cognitive twin monitors deviations, proposes or executes permitted interventions and records which objective, data, rule and decision produced each outcome.

Konkretes M-Q-M-Beispiel

Nach Abschluss der Verbesserungs-, Entwicklungs- oder Innovationsmaßnahmen wird das System nicht sich selbst überlassen. Es wird als **laufender rückgekoppelter Steuerungskreislauf** betrieben.

Operativer Regelkreis

1. Q3 setzt den gültigen Plan

Beispielsweise:

- Servicelevel,
- Auftragsprioritäten,
- Kapazitätsrahmen,
- Energie- und Emissionsbudget,
- Sicherheits- und Qualitätsgrenzen.

2. Q2 meldet den realen Prozesszustand

Beispielsweise:

- verfügbare Fahrzeuge,
- Lagerbelegung,
- Rampenstatus,
- Personalverfügbarkeit,
- Energieverbrauch,
- aktuelle ETA,
- Rückstand.

3. Q1 wählt einen zulässigen Steuerungsmodus

Beispielsweise:

erkannter Zustand	beispielhafter Modus	mögliche Steuerungsfolge
Normalzustand	`automatic`	Plan regulär ausführen
instabiler Prozess oder Qualitätsabweichung	`stabilize`	Volumen reduzieren, Prüfung verstärken
Energiegrenze gefährdet	`energy_save`	nicht kritische Aktivitäten verschieben
kritischer Rückstand bei hoher Priorität	`rush`	zusätzliche zulässige Kapazität aktivieren
sicherheitskritischer Zustand	`maintenance` oder `stop`	Aktivität begrenzen oder unterbrechen

Die genannten Modi orientieren sich am Simulationsbeispiel. Ihre Priorisierung ist **kein universeller Standard**, sondern muss für die Logistikdomäne fachlich begründet, genehmigt und kalibriert werden. Im Simulationsmodell wird exemplarisch Sicherheit vor Qualität, Energiegrenze, Liefertermin und Normalbetrieb priorisiert.

4. Q4 bewertet das Ergebnis

Gemessen werden beispielsweise:

- tatsächliches Servicelevel,
- Rückstand,
- Bestandszustand,
- Wartezeit,
- Schäden,
- Energie,
- Emissionen,
- Kosten,
- Kundenwirkung.

5. Rückkopplung verändert den nächsten Zyklus

Beispiele:

- Ein wachsender Q4-Rückstand verändert die Q1-Prioritätsregel.
- Eine Q1-Energiegrenze begrenzt den Q2-Ressourceneinsatz.
- Eine reale Q2-Kapazitätsgrenze reduziert oder verschiebt die nächste Q3-Planmenge.
- Eine dauerhafte Q4-Abweichung führt zur Überprüfung des Q3-Ziels.

Das Simulationsmodell beschreibt entsprechend Prozesswiderstände, Regelungswiderstände und Plan-Ergebnis-Widerstände. Reale Kapazität, Energie und Prozessstabilität begrenzen dabei die weitere Planung.

Steuerungstakte des Beispiels

Takt	Steuerungsaufgabe
ereignisbezogen	ETA-Änderung, Störung, Schaden, Kapazitätsausfall

Takt	Steuerungsaufgabe
kurzfristig	Rampen-, Tour-, Nachschub- und Kommissioniersteuerung
täglich	Rückstands-, Qualitäts- und Ausnahmereview
wöchentlich	Regel- und Kapazitätsüberprüfung
monatlich	KPI-/KRI- und Wirkungsbewertung
periodisch	Neukalibrierung des Modells und Überprüfung der Q3-Ziele

Auditierbarkeit

Für jede wesentliche Entscheidung werden gespeichert:

- gültiges Q3-Ziel,
- verwendete Q2-Daten,
- angewandte Q1-Regel,
- Entscheidungsmodus,
- menschliche oder automatische Freigabe,
- erzeugtes Q4-Ergebnis,
- Abweichung von der Prognose,
- spätere Bewertung.

Validierung

Die Steuerung darf nicht ausschließlich auf einem strukturell plausiblen Modell beruhen. Erforderlich sind:

1. Domänenkalibrierung,
2. Prüfung der Operatoren und Einheiten,
3. Szenariotests,
4. Vergleich mit realen Prozessdaten.

Insbesondere Rückstand, Energieüberschreitung, Qualitätsabfall und Kapazitätsausfall sowie der Vergleich von Output, Energie, Durchlaufzeit und Qualität mit historischen oder experimentellen Daten.

Ergebnis des Beispiels

Das Logistikunternehmen steuert seine Organisation anschließend:

- **direkter**, weil Ziele, Zustände, Regeln und Ergebnisse verbunden sind;
- **dynamischer**, weil Ereignisse und zeitversetzte Rückkopplungen berücksichtigt werden;
- **effizienter**, weil Ressourcen und Verluste aktivitätsbezogen bewertet werden;
- **effektiver**, weil die tatsächlichen Ergebnisse fortlaufend an den Q3-Zielen gemessen werden.

Gesamtablauf des Beispiels

```
ANALYZE
System verstehen, Daten klassifizieren und Szenarien simulieren
        ↓
DISCUSS
Ergebnisse interdisziplinär interpretieren und Prioritäten entscheiden
        ↓
IMPROVE
Bestehende Prozesse, Regeln, ERP-, WMS- und TMS-Nutzung verbessern
        ↓
DEVELOP
Neue Daten-, Digital-Twin- und Simulationsfähigkeiten aufbauen
        ↓
INNOVATE
Teilautonome Entscheidungsarchitektur beziehungsweise Cognitive Twin
einführen
        ↓
CONTROL
Organisation kontinuierlich und rückgekoppelt steuern
        ↓
Neue Q4-Ergebnisse werden zur Grundlage der nächsten Analyse und Planung
```

Damit bilden die sechs Punkte keinen linearen Einmalprozess, sondern einen lernenden Managementkreislauf. Die Ergebnisse des **Control**-Schrittes werden zu neuen Daten und Erkenntnissen für **Analyze**, wodurch sich Organisation, Regeln und Zielsystem historisch weiterentwickeln.
