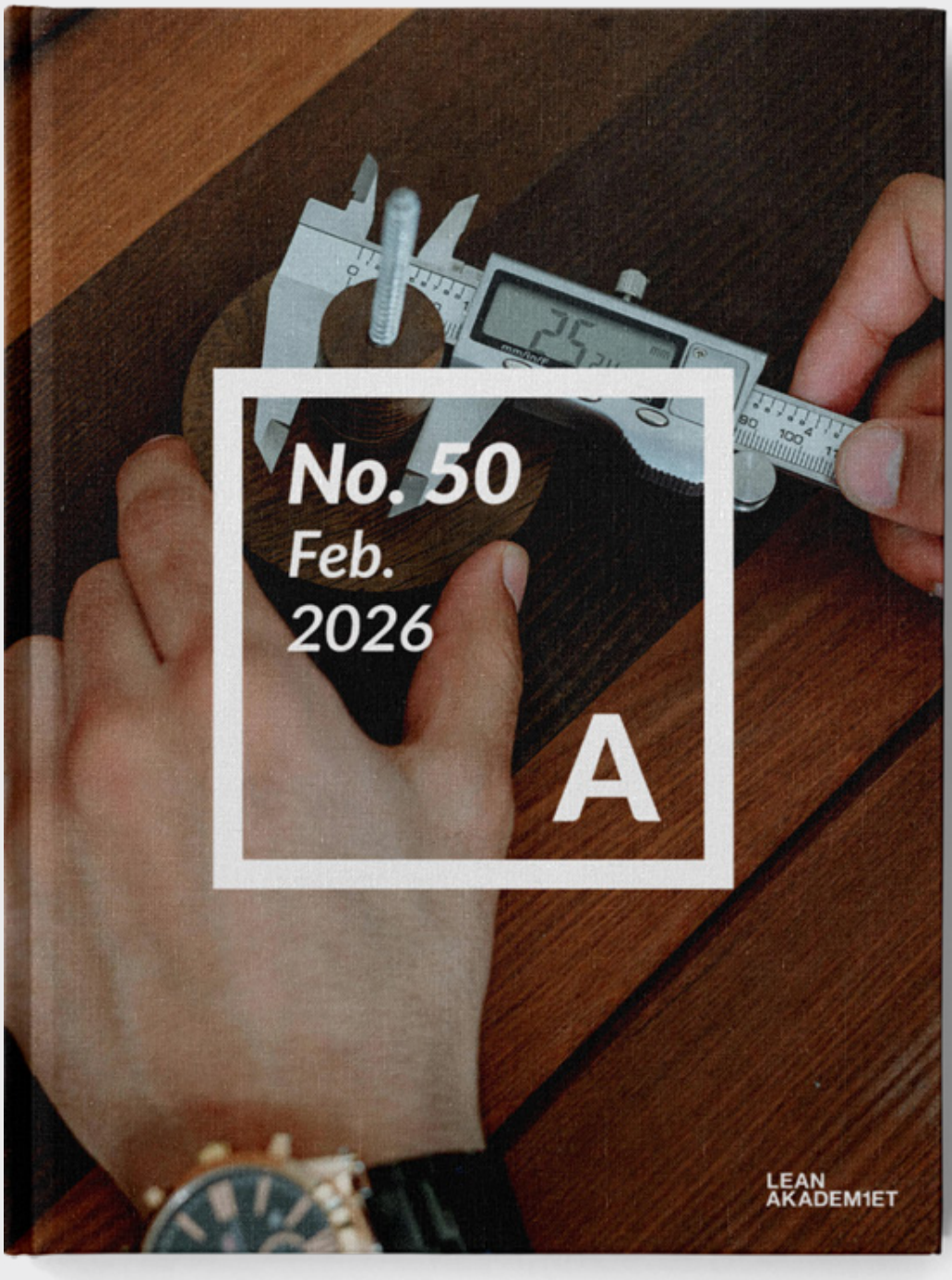
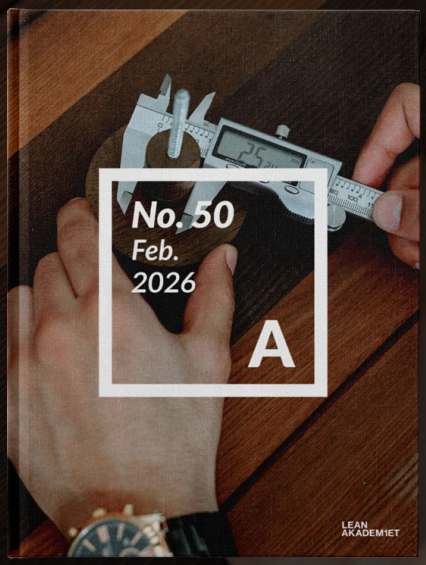
© 2026
Lean Akademiet



KVALITETSSIKRING OG DATA-ANALYSE
#DATAANALYSE-OG-DASHBOARDING, #SIX-SIGMA



02 FEBRUAR 2026

GAGE R&R – MÅLESYSTEMANALYSE FOR KONTINUERTE DATA

Når organisationer arbejder datadrevet, er et pålideligt målesystem en forudsætning for meningsfulde analyser og beslutninger.



KION SCHMELTZER

Kion udvikler uddannelser med fokus på synergien mellem Lean og Six Sigma samt varig forbedring.

02 FEBRUAR 2026

Det gælder især, når data er kontinuerte, som for eksempel længde, vægt, diameter, tid eller temperatur.

I sådanne tilfælde opstår et centralt spørgsmål: Hvor stammer variationen i målingerne fra? Er den udtryk for reelle forskelle mellem emnerne, eller er den et resultat af måleudstyret, målemetoden eller forskelle mellem operatører?

Gage R&R (Repeatability and Reproducibility) er det mest anvendte værktøj til at besvare netop dette spørgsmål. Analysen gør det muligt at kvantificere, hvor stor en del af den samlede variation der kan tilskrives målesystemet, og dermed vurdere, om målingerne er egnede til proceskontrol, kapabilitetsanalyser og forbedringsarbejde.

Det er vigtigt at understrege, at en Gage R&R-analyse udelukkende fokuserer på præcision. Den vurderer, hvor konsistente målingerne er ved gentagelser og på tværs af operatører, men siger ikke noget om nøjagtighed, altså hvor tæt målingerne ligger på den sande værdi.

Hvis nøjagtighed skal vurderes, kræver det supplerende analyser som bias- og linearitetsanalyser. Disse behandles separat, men er en vigtig del af den samlede vurdering af et målesystems egnethed.

Med denne forståelse som udgangspunkt går vi i denne artikel i dybden med, hvordan en Gage R&R-analyse opbygges, beregnes og fortolkes i praksis.

Måleobjekter (Parts)

En Gage R&R-analyse bruges til at vurdere, hvor stor en del af variationen der skyldes selve målesystemet – og hvor meget der skyldes variation mellem de målte emner.

Vælg et repræsentativt sæt emner – typisk 10 til 15 stykker.



Det er vigtigt, at disse dækker den naturlige variation i processen
Uden variation i emnerne kan analysen ikke adskille forskellen mellem ægte procesvariation (Part-to-Part) og målevariation.

NDC – Number of Distinct Categories – er et centralt resultat i analysen og angiver, hvor mange unikke niveauer af variation målesystemet kan skelne mellem.

$$NDC = 1.41 \times \frac{\sigma_{part}}{\sigma_{gage}}$$

Figur 1 - NDC – Number of Distinct Categories
Det er et centralt resultat i analysen og angiver, hvor mange unikke variationsniveauer målesystemet er i stand til at skelne imellem.

Et NDC på 10 betyder, at systemet kan skelne 10 forskellige niveauer i processen – og er altså et stærkt målesystem.

Tommelregel:

- NDC ≥ 5 - Målesystemet er egnet
- NDC 2–5 - Marginalt egnet
- NDC < 2 - Målesystemet er ikke egnet

Operatører

Vælg typisk tre operatører, som bruger udstyret i deres daglige arbejde.
Det er vigtigt, at de ikke er eksperter eller får ekstra støtte under målingen - målet er at efterligne den reelle brugssituation.

Måleinstrument og plan

Måleinstrumentet skal være kalibreret, og der udarbejdes en måleplan, der definerer:

- Antal gentagelser (typisk 2–3 pr. operatør)
- Målerækkefølge (tilfældigt)
- Måleprocedure og betingelser

Et klassisk design:

- 10 emner
- 3 operatører
- 3 gentagelser
  - 90 målinger i alt



Udførelse af målingerne

Operatørerne måler de samme emner flere gange i tilfældig rækkefølge, uden at kende tidligere resultater. Dette sikrer, at målingerne afspejler reel variation i både person og udstyr – ikke bevidste justeringer.

Analyse af resultaterne

Efter dataindsamling gennemføres analysen typisk i software som Minitab eller JMP ved hjælp af en ANOVA-baseret Gage R&R.

Her opdeles den samlede variation i hovedkomponenter:

- Part-to-Part Variation (ægte process variation)
- Repeatability (gentagelighed) – variation når samme operatør måler det samme emne gentagne gange
- Reproducibility (reproducerbarhed) – variation mellem forskellige operatører

Gage R&R (%)	Fortolkning
< 10%	Godt - målesystemet er pålideligt
10% - 30%	Acceptabelt afhængigt af formål
> 30%	Dårligt - målesystemet er uegnet

Tabel 1 - Fortolkning af Gage R&R-resultater
Et centralt resultat er % Gage R&R, som angiver, hvor stor en del af den samlede variation der kan tilskrives målesystemet. Et lavt Gage R&R betyder, at størstedelen af variationen stammer fra selve emnerne, hvilket er ønskværdigt.

Typiske årsager til høj målevariation

Når en Gage R&R-analyse viser, at en væsentlig del af variationen stammer fra målesystemet, er det et klart signal om, at målesystemet ikke er tilstrækkeligt stabilt til formålet. I praksis skyldes høj målevariation sjældent én enkelt faktor, men er ofte et resultat af flere forhold, der påvirker målingen samtidig. Hvis Gage R&R-resultatet overstiger det acceptable niveau på typisk 10–30 %, bør følgende områder derfor undersøges nærmere:

- Kalibrering af instrumentet
- Ensartethed i måleproceduren
- Operatørtræning (TWI – Job Instruktion kan anvendes)
- Miljøforhold (temperatur, vibration, lys osv.)

Repeatability og Reproducibility i praksis

En Gage R&R-analyse opdeler målesystemets variation i to hovedkomponenter, som hver især belyser forskellige aspekter af målesystemets performance. Ved at skelne mellem repe-



atability og reproducibility bliver det muligt at identificere, om variationen primært skyldes selve måleudstyret eller forskelle i, hvordan målingen udføres af operatørerne. Denne opdeling er central for at kunne vælge de rigtige forbedringstiltag.

	Repeatability (gentagelighed)	Reproducibility (reproducerbarhed)
Måler	Hvor præcis en operatør er, når han/hun gentager samme måling under identiske forhold	Forskelle mellem operatører
Variation	Lav repeatability-variation tyder på, at udstyret er stabilt	Høj variation her kan indikere forskellig måleteknik, fortolkning eller håndtering af udstyret
Eksempel	En operatør måler en aksel tre gange og får næsten identiske resultater – god gentagelighed	Tre operatører måler samme emne, men én ligger konsekvent lavere – dette kan pege på behov for træning eller standardisering

Tabel 2 - Repeatability og Reproducibility i praksis
Gage R&R-analysen opdeler målesystemets variation i repeatability og reproducibility for at identificere kilderne til variation.

Konklusion

En Gage R&R-analyse er et af de mest centrale værktøjer i kvalitetsstyring og Six Sigma, når der arbejdes med kontinuerte data. Analysen gør det muligt at vurdere, om målesystemet er tilstrækkeligt præcist og reproducerbart til, at de data, der anvendes i analyser og forbedringsprojekter, kan betragtes som pålidelige.

Et velfungerende målesystem skal kunne dokumentere, at variationen primært stammer fra processen og ikke fra selve målingen. I praksis betyder det, at målesystemet bør:

- Have lav målevariation (typisk under 10 %)
- Have et tilstrækkeligt antal distinkte kategorier (NDC ≥ 5)
- Udvise stabil gentagelighed og reproducerbarhed på tværs af operatører

Hvis disse forudsætninger ikke er opfyldt, bør fokus rettes mod kalibrering af udstyr, træning af operatører og standardisering af måleprocedurer, før data anvendes i kapabilitetsanalyser eller forbedringsinitiativer.

Målesystemanalyse som fundament for datadrevet forbedring

Med denne artikel afsluttes serien om målesystemanalyse. I den første artikel blev MSA introduceret som fundament for datadrevne beslutninger. Den anden artikel satte fokus på kategoriske data og menneskelige vurderinger ved hjælp af Kappa-analyse. I denne tredje og sidste artikel er fokus lagt på kontinuerte data og Gage R&R-analysen som værktøj til at forstå og reducere målevariation.

Fælles for alle tre artikler er erkendelsen af, at et pålideligt målesystem ikke er en engangsopgave, men en løbende forudsætning for kvalitetsstyring og procesforbedring. Uanset om



analyserne udføres internt eller med støtte fra Six Sigma-ressourcer, er forståelsen af måle-systemet afgørende for at skabe reelt datadrevet kvalitet.

Få faglig viden og lad dig inspirere i vores **LA Library**



Figur 1 - NDC – Number of Distinct Categories

Det er et centralt resultat i analysen og angiver, hvor mange unikke variationsniveauer målesystemet er i stand til at skelne imellem.

$$NDC = 1.41 \times \frac{\sigma_{part}}{\sigma_{gage}}$$



Tabel 1 - Fortolkning af Gage R&R-resultater

Et centralt resultat er % Gage R&R, som angiver, hvor stor en del af den samlede variation der kan tilskrives målesystemet. Et lavt Gage R&R betyder, at størstedelen af variationen stammer fra selve emnerne, hvilket er ønskværdigt.

Gage R&R (%)	Fortolkning
< 10%	Godt - målesystemet er pålideligt
10% - 30%	Acceptabelt afhængigt af formål
> 30%	Dårligt - målesystemet er uegnet



Tabel 2 - Repeatability og Reproducibility i praksis

Gage R&R-analysen opdeler målesystemets variation i repeatability og reproducibility for at identificere kilderne til variation.

	Repeatability (gentagelighed)	Reproducibility (reproducerbarhed)
Måler	Hvor præcis en operatør er, når han/hun gentager samme måling under identiske forhold	Forskelle mellem operatører
Variation	Lav repeatability-variation tyder på, at udstyret er stabilt	Høj variation her kan indikere forskellig måleteknik, fortolkning eller håndtering af udstyret
Eksempel	En operatør måler en aksel tre gange og får næsten identiske resultater – god gentagelighed	Tre operatører måler samme emne, men én ligger konsekvent lavere – dette kan pege på behov for træning eller standardisering