

GPS

GEOMETRISKE PRODUKT- SPECIFIKATIONER

Forbinder idé med virkelighed

Tolerancesætning med
GPS-matrix systemet
introduktion og orientering

1. udgave • Oktober 2004

ISO/TR 14638



www.maaleteknik.dk



DANSK STANDARD

www.ds.dk/gps

GPS - Geometriske Produkt Specifikationer - GPS-matrix systemet

Hvorfor dette GPS-hefte?

GPS er for mange noget nyt og ukendt. I dette GPS-hefte kan du læse om, hvad GPS er, hvilke fordele GPS medfører for din virksomhed, og hvordan din virksomhed kan indføre GPS som tolerancesætningssprog på jeres tegninger.

Hvad er GPS?

GPS er betegnelsen for det moderne og opdaterede symbolsprog, der anvendes til tolerancesætning af geometrien på maskintekniske tegninger. GPS er udviklet internationalt, og GPS er det fælles "tolerancesætningssprog" i hele verden.

GPS-information til ledelsen - direktionen

Hvis jeres virksomhed indfører GPS som tolerancesætningssprog på jeres tegninger, kan I opnå både tekniske og økonomiske fordele. Indførelse af GPS er en god investering, der øger konkurrenceevnen.

GPS-tegninger kan uden videre anvendes ved outsourcing af emnefremstillingen. Tegninger, der er tolerancesat på den traditionelle måde, giver problemer ved outsourcing. Udviklingen er løbet fra traditionel tolerancesætning.

GPS-sproget skal indføres i virksomheden efter en ledelsesbeslutning, og GPS skal anvendes og kunne forstås af alle i virksomheden. Ellers kommer det ikke til at fungere. Derfor er det væsentligt, at ledelsen er informeret om GPS og forstår, hvorfor det er så vigtigt at tage denne strategiske beslutning.

Læs de uddybende afsnit, der er markeret i indholdsfortegnelsen som særlig vigtige for ledelsen.

GPS-information til de tekniske medarbejdere

GPS er en videreudvikling af den traditionelle måde, som vi har tolerancesat tegninger på i mere end halvtreds år. GPS er internationalt kendt og er indført som national standard i mere end 30 europæiske lande - også Danmark. GPS er et meget stærkere værktøj end traditionel tolerancesætning.

Ved du f.eks. at:

- Kun en GPS-tolerancesætning kan gøre en tegning entydig - dvs. uden specifikationsusikkerhed.
- Tegninger, der er tolerancesat traditionelt, altid medfører tvivl om kravene til emnet, der skal fremstilles.
- En GPS-tolerancesat tegning **er egnet** til outsourcing.
- En traditionelt tolerancesat tegning **ikke er egnet** til outsourcing.
- GPS medfører, at de kritiske tolerancer kan gøres væsentlig større.
- GPS-tolerancesætning kan simulere emnets funktioner.
- I GPS er kravet til målemetoden inkluderet i tolerancesættelsen på tegningen.

Eksemplerne giver nogle af de væsentligste tekniske begrundelser for at gå over til GPS-tolerancesætning.

Læs hele heftet for at få et mere detaljeret billede af, hvad GPS kan gøre for dig og din virksomhed.

Hvordan skal GPS anvendes?

GPS skal ubetinget og fortrinsvis anvendes til de kritiske tolerancekrav på en tegning. De tolerancekrav, der har direkte indflydelse på emnets funktioner. Det er mindre vigtigt, at andre krav på tegningen er entydige.

Hvorfor skal vi indføre GPS hos os?

GPS er en teknisk nødvendighed, for at tegninger kan udtrykke konstruktionshensigten entydigt. Entydighed af tegningens tolerancesætning er blevet en stigende nødvendighed, fordi tolerancerne er blevet mindre og mindre, og fordi tegninger i stigende omfang anvendes i forbindelse med outsourcing af fremstillingen af emner.

Den traditionelle tolerancesætning er kun entydig og fungerer kun, når emnerne, der fremstilles, er fri for formfejl, og når alle vinkler i emnet er perfekte. GPS er udviklet til at overkomme dette problem. GPS-tolerancesætningen bevarer sin entydighed på det fremstillede emne, også når der optræder form- og vinkelafvigelser.

GPS fungerer som en værktøjskasse, hvor konstruktøren kan tage de værktøjer op, som han har brug for, og lade resten ligge. Med GPS kan tolerancerne udtrykkes med flere detaljer. Det medfører at GPS kan simulere emnets funktioner meget tæt. Konstruktøren kan med GPS indbygge meget mere information i tegningen. Information, der kan udnyttes til at vælge den teknisk og økonomisk optimale fremstillingsmetode.

Kravet til målemetoden er indbygget i GPS-tolerancesætningen. Det medfører, at den eksisterende måleteknik kan anvendes meget mere effektivt og med mindre usikkerhed.

Hvordan indfører vi GPS hos os

GPS kan først bruges effektivt, efter at medarbejderne er uddannet i at anvende symbolsproget. GPS skal kun anvendes på nye tegninger og nye projekter. Kun "gamle" problemtegninger bør oversættes til GPS.

Hvorfor FVM har påtaget sig GPS-initiativet

Foreningen for Værkstedsteknisk Metrologi (FVM) har siden etableringen i 1982 været dansk forum for fremme af industriel måleteknik som et værktøj i kvalitetsstyringen.

Erfaringen har vist, at måleteknikken ikke kan stå alene. En klar og entydig specifikation (tolerancesætning) er en forudsætning for, at måleteknikken kan fungere meningsfyldt og yde sit bidrag til styring af produkternes kvalitet. Tolerancesætningen og måleteknikken skal udgøre en harmonisk og balanceret helhed.

Måleteknikken har udviklet sig voldsomt i den forløbne tid, og er nået til et niveau, så det nu er klart, at udviklingen i tolerancesætningen på tegningerne ikke er fulgt med. Der er i dag langt større usikkerhed i tegningens tolerancesætning end i målingerne. Den mangelfulde tolerancesætning blokerer i dag for den videre udvikling. Det giver tekniske problemer, og det koster penge.

Det er derfor naturligt, at FVM ser sin opgave i helheden og satser på også at fremme specifikationssiden. GPS er den værktøjskasse, der kan bringe specifikationssiden (tolerancesætningen) op på niveau med måleteknikken.

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

INDHOLD

	Side	Afsnittet bør læses af	
		Ledelsen	Alle andre
Tolerancesætningen på tegninger	2	x	x
GPS-tolerancesætning giver bedre økonomi og bedre produkter	2	x	x
GPS-tolerancesætning - en teknisk nødvendighed	3	x	x
Test din virksomheds tolerancesætning	4	x	x
Kort om GPS-matrix systemet - Hvad er GPS	5		x
Traditionel tolerancesætning på tegninger - konsekvenserne	7		x
Flere detaljer om GPS-matrix systemet	10		x
Hvad opnår min virksomhed ved at anvende GPS	13	x	x
Hvordan implementeres GPS i en virksomhed	14	x	x
Hvordan etableres en GPS-tolerancesætning på en tegning	17		x
Hvor får jeg mere materiale og flere oplysninger om GPS	18		x
Hvordan holde sig løbende orienteret om udviklingen og nye muligheder i GPS	18		x
Oplysninger om kurser i GPS	18		x
GPS-matrix system idéens historie	19		x
GPS-publikationer - Publikationer, der kan anvendes ved indførelse og brug af Geometriske Produkt Specifikationer (GPS) i en virksomhed	21		x

Dette hefte er udarbejdet af Per Bennich for FVM (Foreningen for Værkstedsteknisk Metrologi). Hefte udgives i samarbejde med Dansk Standard (DS). © Foreningen for Værkstedsteknisk Metrologi.

Indholdet af dette hefte må frit kopieres og distribueres i sin helhed. Uddrag af heftet må frit kopieres og anvendes med kildeangivelse.

En elektronisk kopi af dette hefte (pdf-fil på 1,4 MB) kan downloades fra FVM's og DS's website samt flere af de andre websites, der er nævnt på side 18 i dette hefte.

Deltag i udbredelsen af information om GPS. Brug den elektroniske version af heftet til at distribuere til dine kolleger og til ledelsen i virksomheden samt til at informere kunder og leverandører - eller send dem et link, hvor de kan downloade pdf-filen af heftet.

Tolerancesætningen på tegninger

Den primære funktion for tegninger af produkter og emner er at videregive konstruktionsidéen og emne-kravene til de personer, som skal fremstille produktet eller emnet. Det opnås ved at fokusere på den anvendte tolerancesætning.

Det er tolerancesætningen på tegningen, der styrer emnets funktioner

Det er tolerancesætningen, det tolerance-symbolsprog, som anvendes, der er det væsentlige på tegningen. Tolerancesætningen indeholder nemlig alle forudsætningerne for produktets eller emnets funktion. Kun de krav, der fremgår af tegningen, skal opfyldes. Der er ingen skjulte krav. Tegningens billeder stiller ikke krav til emnet.

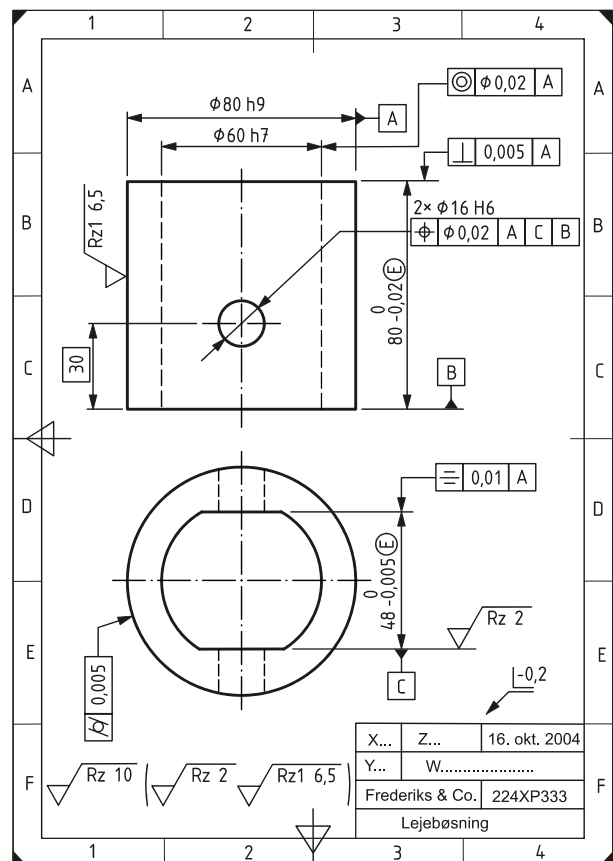
Kun de krav, der fremgår af tegningen, skal opfyldes!!

Tegningens tolerancesætning bestemmer også omkostningsniveauet ved fremstillingen af produktet eller emnet.

Tegningens tolerancesætning er grundlaget for styring af produktets eller emnets kvalitet.

Tegningens tolerancesætning bliver til en kontrakt eller en del af en kontrakt, når tegningen gives videre til en anden virksomhed. Tolerancesætningen er i den situation bindende og har retsgyldighed for begge parter.

Tegningens tolerancesætning bestemmer omkostningsniveauet ved fremstillingen af produktet



Figur 1 - Tegning med GPS-tolerancesætning

GPS-tolerancesætning giver bedre økonomi og bedre produkter

Symbolsproget, der anvendes til tolerancesætning på tegninger, er blevet udvidet, moderniseret og er blevet internationalt i løbet af de sidste 10 - 15 år. Moderniseringen og internationaliseringen er sket for at imødekomme nye behov fra den teknologiske udvikling og de behov, der er opstået ved outsourcing og globalisering af emnefremstillingen.

GPS-tolerancesætningen giver flere informationer og er mere præcis

Geometriske Produkt Specifikationer - kort GPS - er det moderniserede internationale tolerancesætnings-sprog, som afløser den traditionelle form for tolerancesætning. GPS er en videreudvikling af den traditionelle måde, som tegninger er blevet tolerancesat på i mere end et halvt århundrede. Basis for GPS-tolerancesætningen består af geometriske tolerancer - anvendt på en ny og anderledes måde.

Traditionel og hybrid tolerancesætning

Traditionel tolerancesætning er en tolerancesætning, der hovedsagelig består af dimensioner og $\pm$ dimensionstolerancer suppleret med ruhedskrav. Hybrid-tolerancesætning er en traditionel tolerancesætning, der også anvender enkelte geometriske tolerancer, men kun som et supplement.

Med traditionel tolerancesætning kan der fremstilles emner, som ikke fungerer korrekt, men som opfylder tolerancekravene på tegningen

Lavere fremstillingsomkostninger

Brugen af GPS giver en række fordele, både økonomiske og tekniske. Emner, der fremstilles efter tegninger, der er tolerancesat med GPS, har generelt lavere fremstillingsomkostninger, og GPS giver langt større sikkerhed for, at emnet vil fungere efter konstruktionshensigten - også når fremstillingen af emnet outsources. Det skyldes, at GPS-tolerancesætningen giver flere informationer og er mere præcis.

Korrekt fremstillede skrot-emner

Erfaringen har vist, at traditionel tolerancesætning ikke er entydig. En traditionel tolerancesætning efterlader uheldigvis altid tvivl om, hvad der skal fremstilles. Den traditionelle tegning er altså flertydig. Flertydigheden eller specifikationsusikkerheden, som det kaldes, er ofte så stor, at der ifølge tegningen kan fremstilles emner, som ikke fungerer korrekt, men som opfylder tolerancekravene på tegningen. Den manglende entydighed - og specifikationsusikkerheden - medfører både tekniske og økonomiske problemer - især når der er langt mellem konstruktions-/udviklingsafdelingen og det værksted, der skal fremstille emnet, fx når fremstillingen outsources.

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Udnyt større tolerancer

Erfaringen har også vist, at traditionel tolerancesætning tvinger konstruktøren til at anvende mindre tolerancer for at få emnet til at fungere. Langt mindre tolerancer, end hvis GPS anvendes på tegningen. Det har økonomiske konsekvenser og medfører ofte helt unødvendige fremstillings- og måletekniske problemer.

Udføres tolerancesætningen på tegningerne i jeres virksomhed på den traditionelle måde?

Hvis ja, så kan I med sikkerhed opnå bedre og også billigere produkter ved at anvende GPS til tolerancesætning på tekniske tegninger.

Spørg i konstruktions-/udviklingsafdelingen, om man anvender GPS-tolerancesætning på tegningerne! Hvis svaret er nej, ligger her et uudnyttet udviklingspotentiale,

GPS skal fortrinsvis anvendes til de toleranceangivelser, der er kritiske for emnets funktioner

der kan realiseres ved en relativ lille investering i form af en efteruddannelse af virksomhedens medarbejdere i brugen af GPS-tolerancesætning.

Brugen af moderne GPS-tolerancesætning er en af de største og billigste landvindinger, der har fundet sted inden for fremstillingen af mekaniske produkter, i nyere tid. Brugen af GPS vil medføre, at jeres tegninger bliver entydige, og at I kan anvende tolerancer på jeres fremtidige tegninger, der er større end de tolerancer, som I anvender på jeres tegninger i dag. Sidst, men ikke mindst: en tegning med GPS-tolerancesætning er egnet til outsourcing af fremstillingen, uden hensyn til hvor i hele verden det skal foregå.

GPS skal ikke anvendes ukritisk og til alle tolerancekrav på en tegning. GPS skal fortrinsvis anvendes til de toleranceangivelser, der er kritiske for emnets funktioner. Hvordan de resterende krav tolerancesættes har ikke så stor betydning.

Vurdér jeres tegningers tolerancesætning ved hjælp af "selv-check skemaet" for tolerancesætning. Det er vist på side 4 i dette hefte!

GPS-tolerancesætning - en teknisk nødvendighed

Som konstruktør af virksomhedens produkter og emner er det væsentligt for dig, at andre, klart og entydigt, forstår dine tegninger, og hvad konstruktionshensigten er. Det er derfor du tolerancesætter!

Det er mest sandsynligt, at I tolerancesætter på den traditionelle måde, som vi alle har lært det under vores uddannelser, måske suppleret med senere kurser.

Jeres tegninger er derfor opbygget baseret på dimensions-tolerancesætning (for diametre, afstande og vinkler mv.), og de er måske "krydret" med nogle få geometriske tolerancer og overfladekrav med ruhedsparmeteren R_a som et supplement til dimensionstolerancesætningen.

Ved du at:

- En tegning med traditionel tolerancesætning er utilstrækkelig, og at den medfører stor tvivl og usikkerhed om, hvad der egentlig skal fremstilles. Tegningen har specifikationsusikkerhed.
- En tegning med traditionel tolerancesætning **ikke er egnet** til outsourcing af fremstillingen.
- En tegning **kun** kan blive entydig og uden specifikationsusikkerhed, hvis den tolerancesættes med GPS.
- En tegning med GPS-tolerancesætning **er egnet** til outsourcing af fremstillingen.

- Tolerancesætnings-"sproget", der har rødder helt tilbage i 1930, har udviklet sig meget kraftigt de sidste 10-15 år fra nogle få standardiserede regler til et omfattende symbolsprog (GPS), der kan simulere emnefunktioner.
- GPS-symbolsproget, der udvikles i fællesskab af mere end 60 lande, findes beskrevet i over 100 internationale standarder, der til sammen fylder mere end 2500 sider.
- GPS-standarderne kun fungerer som GPS-sprogets ordbog og grammatikbog. De indeholder ikke mange oplysninger om, hvordan GPS-systemet skal anvendes.
- GPS medfører, at de kritiske tolerancer på tegningen kan gøres væsentlig større.
- Alle CAD-systemer kan anvendes til GPS-tolerancesætning.
- CAD-systemet ikke selv kan lave en korrekt entydig tolerancesætning! Det er kun den menneskelige viden og erfaring, der kan gøre en tolerancesætning korrekt og entydig ved hjælp af CAD-systemet.

Vurdér dine tegningers tolerancesætning ved hjælp af "selv-check tabellen" for tolerancesætning. Den er vist på side 4 i dette hefte!

Test din virksomheds tolerancesætning

I "selv-check tabellen" på denne side finder du et antal tolerance-symboler og sammenstillinger heraf, som du kan sammenligne med tegninger, fx fra din virksomhed eller fra dine kunder. Herved kan du afgøre, hvilket tolerancesætningsniveau den pågældende tegning har.

Tabellen kan bruges til at afgøre, om det er en moderne GPS-tolerancesætning osv. Viser det sig **IKKE** at være en GPS-tolerancesætning, er konsekvensen ofte, at den er behæftet med store specifikationsusikkerheder.

Det kan give juridiske og økonomiske forviklinger, hvis den anvendes til at outsource fremstillingen.

Tabellen kan ikke give nogen sikkerhed for at en tegning er korrekt tolerancesat og uden specifikationsusikkerhed, men kan hjælpe til at give et groft førstehåndsindtryk. Check af tolerance symboler, vist i tabellen, forudsætter ikke større teknisk indsigt, da det kun kræver en visuel sammenligning mellem tabellens symboler og tegningens symboler.

Spørgsmål	Tolerancesymbol	GPS kommentarer
Anvendes $\pm$ tolerancer på andre dimensioner end diametre på tegningen?		$\pm$ tolerancer er generelt ikke entydige på det virkelige emne. Der er specifikationsusikkerhed. De skal erstattes af en positionstolerance som forbedring.
Anvendes $\pm$ tolerancer på diametre uden at bruge modifikator, fx E , på tegningen?		Diameteren - uden brug af modifikator - er ikke entydig på det virkelige emne (se figur 6). Der er specifikationsusikkerhed. Modifikatorer skal anvendes som forbedring, fx E .
Anvendes $\pm$ tolerancer på vinkler på tegningen?		$\pm$ tolerancer på vinkler er generelt ikke entydige på det virkelige emne. Der er specifikationsusikkerhed. De skal erstattes af vinkelrigtighedstolerancer (geometrisk tolerance) som forbedring.
Anvendes $\pm$ tolerancer på koordinater for fx hulcentre på tegningen?		$\pm$ tolerancer anvendt til koordinattolerancesætning er ikke entydige på det virkelige emne. Der er en meget stor specifikationsusikkerhed. Bør erstattes af positionstolerancesætning med reference til et datum system som forbedring.
Anvendes geometriske tolerancer på tegningen?	fx:	Hvis ikke geometriske tolerancer er anvendt, består tolerancesætningen udelukkende af dimensionstolerancesætning. Der er stor specifikationsusikkerhed. Bør erstattes af GPS-tolerancesætning som forbedring.
Anvendes datum systemer på tegningen?	fx:	Hvis ikke datum systemer er anvendt, kan emnets funktion ikke udtrykkes entydigt. Der er sandsynligvis stor specifikationsusikkerhed. Datum system bør etableres som forbedring.
Anvendes maksimum materiale krav, M , i forbindelse med hullers positionstolerance på tegningen, når funktionen er: Samling med naboemnet er mulig?	fx:	Hvis ikke, vil emner, der overskrider enten diametertolerancen eller positionstolerancen, men som fungerer efter hensigten (samling er mulig), blive kasseret. Brug maksimum materiale krav som forbedring.
Anvendes 1965-versionen af ruhedssymbolet på tegningen?		Uhyre stor specifikationsusikkerhed - op til 300%. Anvend GPS-symbolet som forbedring.
Anvendes 1991-versionen af ruhedssymbolet på tegningen?		Stor specifikationsusikkerhed - op til 30%. Anvend GPS-symbolet som forbedring.
Anvendes kantsymbolet på tegningen?		Hvis ikke, er emnets kanter ikke styret. Der er specifikationsusikkerhed. Kantsymbolet bør anvendes som forbedring.

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Kort om GPS-matrix systemet - Hvad er GPS?

GPS-matrix systemet eller kort GPS er betegnelsen for den sidste nye og moderne udgave af det symbolsprog, som i mange år har været anvendt til at tolerancesætte mekaniske emners geometri på tekniske tegninger. GPS kan meget mere end de tidligere udgaver af tolerancesætningssproget.

GPS kan meget mere end de tidligere udgaver af tolerancesætningssproget

GPS kan, som vist i figur 2, grupperes i tolerancesætning inden for: Dimensionstolerancesætning, geometrisk tolerancesætning (form, orientation, lokation og kast), overfladetekstur tolerancesætning (ruhed mv.), overfladeufuldkommenhedskrav og krav til kanter.

GPS er i dag det ENESTE eksisterende tolerancesætningssprog

GPS-hovedområde	Detaljer	Eksempel på tegningssymbol
Dimensioner og dimensionstolerancer	Lineære dimensioner og vinkel dimensioner	
Geometriske tolerancer	Form, orientation, lokation og kast med datums eller datum-systemer	
Overfladetekstur tolerancer	Ruhed, bølgethed, struktur og overfladeufuldkommenhed	
Kant tolerancer	For kanter uden detailstyring af facon	

Figur 2 - Eksempler på de forskellige hovedtyper af grafiske tolerancesymboler, der anvendes i GPS

Verdensomspændende sprog

Tolerancesætnings-symbolsproget blev påbegyndt nationalt i Danmark i samarbejde med vore nabolande omkring 1930. GPS er en direkte videreudvikling af det traditionelle tolerancesætningssprog. GPS er i dag det **ENESTE** eksisterende officielle tolerancesætningssprog. GPS er internationalt og anvendes, kendes og forstås i alle lande over hele verden. Du anvender også GPS-symboler i dag, for der findes ikke andre.

GPS er et symbol-baseret kommunikationssprog beregnet

til at formidle konstruktionshensigten (for de geometriske krav) uafhængigt af ethvert eksisterende talesprog. GPS-sproget har også "bogstaver, tal og tegn", "ord", "sætninger" og "små tekster", der fortæller en "historie" (se figur 3), og kan derfor stille både et simpelt og et kompliceret geometrisk krav til emnet. GPS-sproget har notationsregler og en grammatik, der gør det muligt at være meget præcis, og som gør det muligt at ændre betydningen af "sætningen" ved små ændringer af ordene i denne - ligesom i talesprogene, fx i engelsk, tysk og dansk.

Bogstaver, tal og tegn		
Ord		Rz1 (2RC) 0,008-0,8
Sætninger		Rz1max 0,9 (2RC) 0,008-0,8
Små tekster		

Figur 3 - Eksempler på GPS-sprogets bogstaver, ord, sætninger og små tekster. Grammatikken er fortolkningsreglerne

GPS-sproget er udelukkende fastlagt og defineret i internationale standarder (fx ISO og CEN). Reglerne gengives ofte i nationale standarder (fx DS, DIN og BS). De gamle nationale regler for tolerancesætning er væk - de gælder ikke mere. GPS-standarderne er GPS-sprogets ordbog og grammatikbog.

GPS-delen af en teknisk tegning er kun det øverste lag, lag 3 (se figur 4). Andre dele af tegningen (lag 1 og 2 - se figur 4) er også beskrevet i standarder, men stiller **IKKE** nogen krav til emnet/produktet!

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Når GPS-tolerancesymbolerne anvendes på en tegning, så skal tegningen "læses" efter GPS-"ordbogen" og de grammatiske regler for sproget. GPS er et levende sprog, der til stadighed bliver udviklet og forbedret. Det er derfor vigtigt at følge med i denne udvikling for hele tiden at vide, hvad symbolerne betyder, og hvad tolerancesætningsreglerne er.

De gamle nationale regler for tolerancesætning er væk - de gælder ikke mere

GPS har fælles retsvirkning i de mere end 30 europæiske lande - også i Danmark der er medlemmer af CEN, den Europæiske Standardiseringsorganisation. Disse mange lande har pr. traktat implementeret alle GPS-standarderne enslydende som nationale standarder, og de har fjernet de tidligere gældende nationale standarder for tolerancesætning.

Måleteknikken er helt integreret i GPS-systemet

Måleteknikken er helt integreret i GPS-systemet. Det er noget helt nyt og anderledes. Den korrekte målemetode, er nu inkluderet i GPS-tolerancesymbolet, der ses på tegningen.

GPS-reglerne gælder automatisk for alle nye tegninger!

Det måleudstyr og de målemetoder, som hidtil er anvendt, kan også anvendes til måling af GPS-tolerancesatte emner. Fordelen er, at der nu på tegningen præcist er anført, hvordan der **skal** måles. Heraf afledes, hvilke metoder der **kan** anvendes, og hvilket udstyr der **kan** anvendes.

Pas på

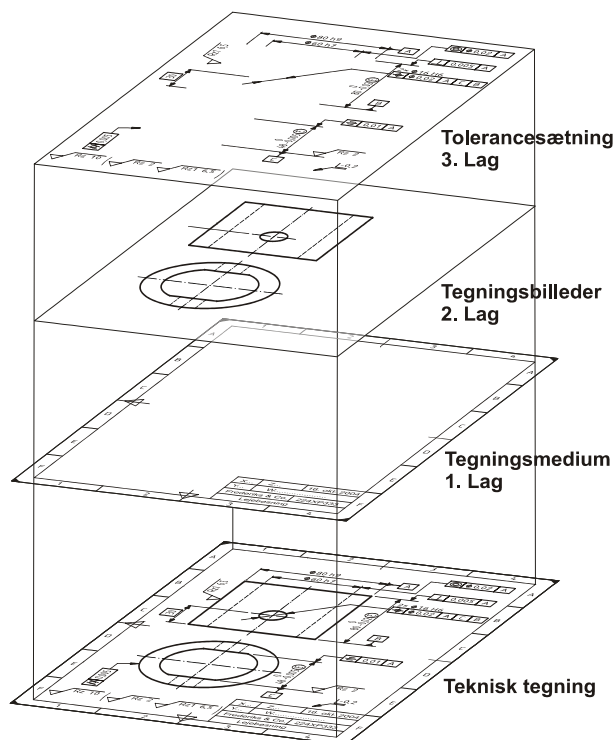
Når en tegning gives videre til en anden virksomhed, så gælder GPS-reglerne automatisk for **alle nye tegninger**! Også for tegningerne i din virksomhed, uden at du har nogen indflydelse på det, med mindre der udtrykkeligt er gjort opmærksom på, at der gælder andre regler for tolerancesætningen end GPS-reglerne. Også de "skjulte" fundamentale og globale krav og regler i GPS-systemet er gældende. Der er også fundamentale og globale krav til måleteknikken. Det er derfor farligt - og det kan blive kostbart både for kunde og leverandør - hvis de ikke kender GPS-reglerne.

Undtagelser

Internt i en virksomhed kan man selvfølgelig selv bestemme, hvad en given tolerancesætning skal betyde, og hvor meget der skal være underforstået (kendt almindelig faglig praksis og tradition i netop denne virksomhed), og som derfor ikke behøver at være angivet på tegningen. Tegningernes symbolsprog kan, uden at give problemer, være indforstået, når tegningerne kun anvendes internt i en virksomhed.

Værktøjskasse

GPS er en værktøjskasse, et tilbud og en række muligheder, der tillader en konstruktør - efter behov - at udtrykke sine hensigter og lave tilstrækkeligt entydige tolerancesætninger. Det er med GPS-værktøjskassen som med andre værktøjskasser.



Figur 4 - Tegningens tre lag beskrevet i standarder - kun det øverste, lag 3, er GPS delen

Det er ikke alle, der har brug for hele indholdet og alle værktøjerne i kassen, og det er ikke de samme værktøjer, som forskellige personer/virksomheder har brug for. Man lader de værktøjer ligge i kassen, som man ikke har brug for.

Det er med GPS-værktøjskassen som med andre værktøjskasser. Det er ikke alle, der har brug for hele indholdet

GPS anvender også ældre traditionelle tolerancesætnings-værktøjer (symboler), men ofte på en ny måde, og ofte med en ny og mere præcis betydning. Der er også tilføjet en del nye symboler i GPS.

Bedste praksis

GPS er den eneste mulighed for at gøre tegninger entydige, så der i praksis kun er een geometrisk løsning for en tegning af det virkelige emne. GPS kan simulere emnets og produktets funktioner. Det kan traditionel tolerancesætning ikke!

En tolerancesat tegning er en kontrakt eller en del af en kontrakt, når den videregives til en anden virksomhed eller person. Tegningen stiller krav til dem, der skal producere og/eller måle emnerne. Det kan blive kostbart i ordets bogstavelige forstand ikke at kunne forstå eller ikke at kunne opfylde en kontrakt.

Globalisering, outsourcing af fremstilling, mere sofistikerede emnefunktioner, garanteret levetid mv. er alt sammen årsager til at GPS er nødvendigt nu og i fremtiden.

Traditionel tolerancesætning på tegninger - konsekvenserne

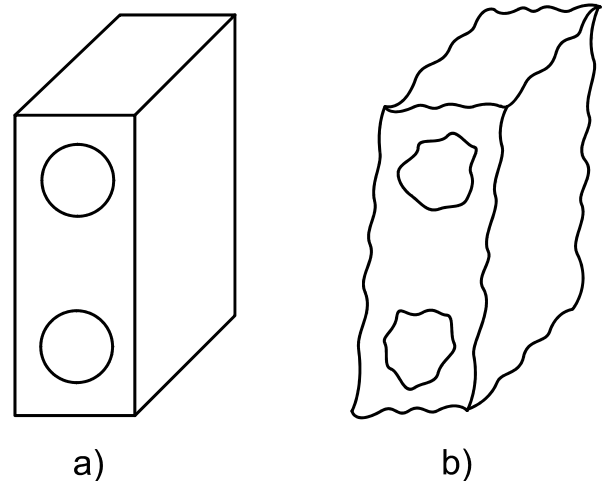
Traditionel tolerancesætning består hovedsagelig af dimensionstolerancer (dimensionstolerancesætning), hvor tolerancegrænserne er angivet med de tilladte $\pm$ afvigelser fra en nominal værdi. Dét alene medfører, at tegningen er flertydig, da der ikke findes fortolkningsregler for $\pm$ tolerancer i standarderne, for det virkelige emne.

De fleste tegninger har i dag en traditionel tolerancesætning. Tegningerne er tolerancesat efter regler og efter en filosofi, der var ny og moderne da 2. verdenskrig blev udkæmpet. Siden er teknologien som bekendt blevet en del mere sofistikeret. Desværre viser erfaringen og flere undersøgelser, at det er kommunikationen på tekniske tegninger ikke!

En tolerancesætning på en sådan traditionel god gammeldags tegning er baseret på forestillingen om det perfekte emne, dvs. en såkaldt nominal model (perfekt geometri) af emnet. Den nominelle model svarer til det, man ser på tegningsbilledet - perfekte cirkler og rette linjer samt korrekte vinkler - se også figur 5a.

Det er et faktum, at den traditionelle tolerancesætning kun er entydig, når emnets form og vinkler er teoretisk perfekte (se figur 5a). På virkelige emner, der har form- og vinkelafvigelser (se figur 5b), bliver den traditionelle tegnings tolerancesætning mangetydig eller ofte helt meningsløs. Traditionel tolerancesætning fungerer ikke mere i år 2004, hvor tolerancerne ofte er så små, at de er mindre end fejl- og usikkerhedsvirkningen på dimensionerne fra form- og vinkelafvigelserne på det virkelige emne.

Dimensionstolerancesætningen på en traditionel tegning kan være suppleret med geometriske tolerancer (hybrid tolerancesætning). Det viser sig ofte at være endnu værre, end hvis der alene anvendes $\pm$ dimensionstolerancer! Dimensionstolerancer er "opfundet" før 1930, og der er ikke ændret et komma siden da i den måde, dimensionstolerancer er defineret og skal anvendes på. Geometriske tolerancer er grundlæggende slet ikke egnede som supplement til en dimensionstolerancesætning, da geometriske tolerancer fungerer efter helt andre principper end dimensionstolerancer. Geometriske tolerancer er indført omkring 1960 under betegnelsen form- og positionstolerancer.



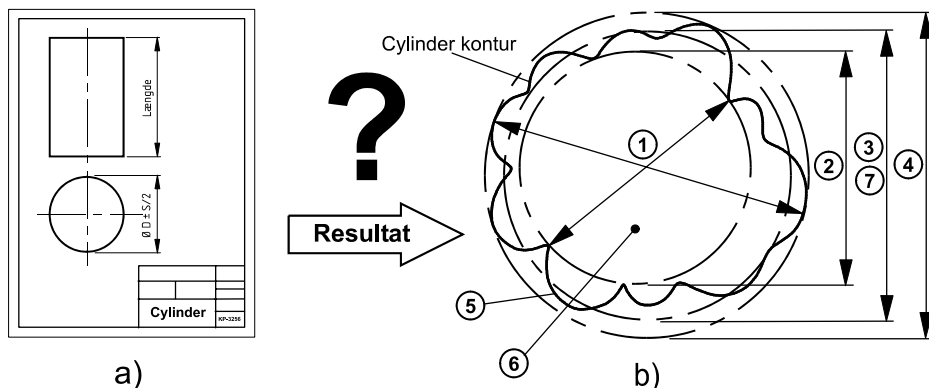
Figur 5 - Nominelt (perfekt) emne, a), og et virkeligt emne, b), med form- og vinkelafvigelser

Det er en misforståelse at anvende hybridtolerancesætning på tekniske tegninger, men det er, hvad der tidligere har været anbefalet - også i standarder!

Konsekvensen af den traditionelle tolerancesætning er SPECIFIKATIONSUSIKKERHED. Tegningen baseret på $\pm$ dimensionstolerancesætning er ikke entydig, den er flertydig. At tegningen er flertydig, betyder at, der er flere mulige og forskellige geometriske løsninger på det virkelige emne, som alle opfylder tegningens krav.

Populært forklaret er specifikationsusikkerhedens talstørrelse lig med den største forskel i talværdi, der fremkommer, når der måles på det virkelige emne med forskellige målemetoder. Vel at mærke metoder der alle er tilladt af tolerancesætningen på tegningen.

Det er en misforståelse at anvende hybridtolerancesætning på tekniske tegninger, men det er, hvad der tidligere har været anbefalet



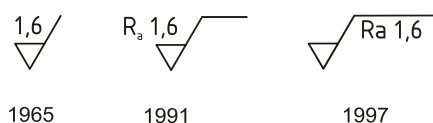
Figur 6 - Et eksempel på specifikationsusikkerhed: $\pm$ tolerancesætning på tegningen a) er ikke defineret på det virkelige emne - der er mange forskellige løsninger (diametre) på det virkelige emne b)!

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Et simpelt eksempel på en tolerancesætning med specifikationsusikkerhed er vist på figur 6, hvor der bare i eet snit i cylinderen er vist syv meget forskellige diametre på det virkelige emne. Denne traditionelle tegning sikrer derfor ikke i tilstrækkelig grad emnets funktion. Det er selvfølgelig ikke ligegyldigt, hvilken af de syv forskellige diametre, der bliver valgt til at styre produktionen efter i et konkret tilfælde. På figur 6 er specifikationsusikkerhedens talværdi lig med forskellen mellem den mindste omskrevne cirkels diameter (4) og den mindste to-punkt diameter (1).

Det hænder ofte i dag, at specifikationsusikkerheden på en traditionel og gammeldags tolerancesætning er 5-10 gange så stor som den måleusikkerhed, der anvendes ved kontrolmålingen. Det betyder populært sagt, at vi i den situation måler 5-10 gange bedre end tegningen egentlig er det værd. Det betyder også at tegningens specifikationsusikkerhed ofte er større end den toleranceværdi, der er angivet på tegningen! Det er en bombe under kvalitetsstyringen. Det er helt urimeligt, og det har store konsekvenser! Det koster helt unødvendigt en masse penge og en masse besvær.

Specifikationsusikkerhed koster helt unødvendigt en masse penge og en masse besvær



Figur 7 - Ruhedssymbolet på tegningen har ændret udseende og betydning gennem årene

Det er også normalt, at der anvendes "gamle" ruhedsangivelser (symboler) på tegninger, og ikke det nye GPS-symbol (se figur 7), som blev indført i 1997. De bagvedliggende definitioner for de gamle ruhedssymboler, er ikke fuldstændige, og de dele af de mangelfulde definitioner, der eksisterer, er teknologisk forældede. Det kan fx være et ruhedssymbol version 1965 eller tidligere (se figur 7), der har op til 300% specifikationsusikkerhed af den angivne ruhedsværdi, eller model 1991 (se figur 7), der har op til 30% specifikationsusikkerhed.

Der mangler en entydig instruktion til at indstille ruhedsmåleren på, når de gammeldags ruhedssymboler anvendes på tegningen.

Ruhedsværdien, der er resultatet af det nye GPS-ruhedssymbol er entydig. Det nye GPS-symbol vil også medføre en helt anden ruhedsværdi som resultat af målingen, da der her skal anvendes nye regler for valg af filterstørrelse, og da nye og bedre filtertyper er kommet til.

Konsekvensen af traditionel tolerancesætning er, at de personer, som måler, i praksis suverænt bestemmer (gætter/vælger), hvad måleproceduren skal være

Det samme, som gælder for ruhedssymbolet, gør sig stort set også gældende ved formmåling efter geometriske tolerancer på ældre tegninger - ingen ved, eller kan se, hvordan fx rundhedsmålerens eller koordinatmålemaskinens software skal indstilles!

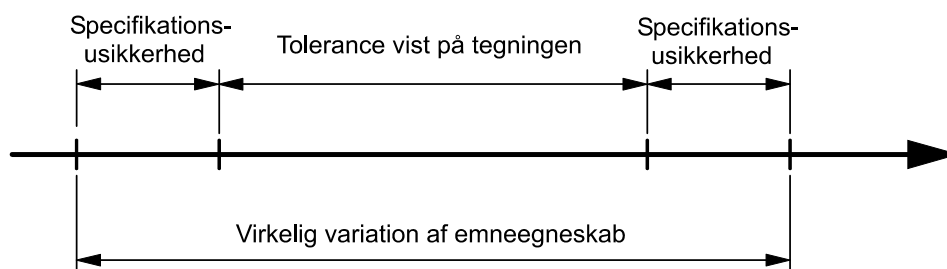
Den manglende entydighed af tegningens tolerancesætning (specifikationsusikkerheden) medfører, at der heller ikke er entydige krav til måleproceduren/-proceduren. Det fremgår ikke af tegningens tolerancesætning, hvordan der skal måles. Konsekvensen er, at de personer, som måler, i praksis suverænt bestemmer (gætter/vælger), hvad måleproceduren skal være. Dermed kommer de til at bestemme, helt tilfældigt, hvad måleresultatets talværdi skal være inden for rammerne af specifikationsusikkerheden.

Ved traditionel tolerancesætning er det ikke konstruktionsafdelingen, som styrer fortolkningen af den usikre traditionelle tegnings tolerancesætning

Det er altså ikke konstruktionsafdelingen, der har udført tolerancesætningen, som styrer fortolkningen af den usikre traditionelle tegnings tolerancesætning! Det er målefunktionen, ofte hos en underleverandør, der helt tilfældigt fastlægger fortolkningen af tolerancen ved det aktuelle valg af målemetode eller måleudstyr! Det har målefolkene hverken viden til eller forudsætninger for at gøre! - og da slet ikke hos en leverandør!

Den alvorlige konsekvens af den traditionelle tolerancesætning, og den deraf følgende manglende entydighed og specifikationsusikkerhed, er, at den virkelige variation i produktens egenskaber kan blive langt større end det, tolerancen på tegningen viser - se også figur 8:

Virkelig variation = Tolerancen vist på tegningen + (2 × specifikationsusikkerheden)



Figur 8 - Den virkelige variation i et emnes egenskaber, når der er specifikationsusikkerhed

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Endnu værre er det, at denne meget større virkelige variation i emnets egenskaber normalt ikke bliver opdaget og ikke kan ses af måleresultaterne. Årsagen hertil er, at alle måleværdierne, der er modtaget fra de forskellige leverandører, der fremstiller emnet, vil ligge inden for tegningens tolerancegrænser. Det gør de, fordi leverandørerne anvender forskellige, men tilladte, målemetoder, der "fordrejer" måleresultaterne systematisk.

Se fx figur 6, hvor de syv målemetoder, der svarer til de syv forskellige definitioner/fortolkninger af diameteren, vil give syv systematisk vidt forskellige resultater, der alle er korrekte ifølge tegningens tolerancesætning.

Tilladte målemetoder "fordrejer" måleresultaterne systematisk, når der anvendes traditionel tolerancesætning

Hvis fx specifikationsusikkerheden har omtrent den samme størrelse som tolerancen, hvad der ofte forekommer, så betyder det, at den virkelige variation i produkttegnskaben kan være mere end 3 gange så stor som den værdi, tolerancen på tegningen tillader! Uden at det fremgår af de målinger, der er foretaget.

Den, der fremstiller emnet, kan **IKKE** bebrejdes noget, da det er en følge af tegningens specifikationsusikkerhed. Ansvar for misere ligger hos den virksomhed/person, der har udarbejdet tegningen.

En anden konsekvens ved at fremstille efter traditionelle tegninger er brug af overdrevent og fordyrende små toleranceværdier.

Årsagen til dette er, at tolerancer fastlægges pr. erfaring (oplevelse af god eller dårlig funktion og dokumentation med flere forskellige målemetoder gennem tiden), hvorfor den toleranceværdi, der kommer til at stå på tegningen, bliver lille i forhold til, hvad den kunne have været, hvis tolerancesætningen var entydig.

Denne fejlagtige lille toleranceværdi bliver nu også grundlag for virksomhedens og/eller leverandørens valg af fremstillingsprocesser, værktøjsmaskiner og måleudstyr, hvilket medfører helt unødvendige udgifter og en masse besvær, uden at produktets funktion og kvalitet bliver bedre.

Alle disse negative effekter af den traditionelle tolerancesætning forsvinder, når der tolerancesættes efter GPS-systemet.

De negative effekter af den traditionelle tolerancesætning forsvinder, når der tolerancesættes efter GPS-systemet

Flere detaljer om GPS-matrix systemet

GPS-idéen og filosofien opnåede international accept omkring 1993. GPS inkluderer og harmoniserer alle typer toleranceangivelser for geometrien på en emne-tegning (se figur 2) under eet fælles regelsæt. Der har som følge af denne udvikling og harmonisering været en eksplosion i løbet af de sidste 10 år i antallet af nye tolerancesætningsregler. Ligesom der er sket mange ændringer i "gamle" tolerancesætningsregler. Denne tendens fortsætter, men vil accelerere i de kommende år.

GPS giver kun een geometrisk løsning på det virkelige emne

GPS-tolerancesætning er baseret på det virkelige emne, med alle dets form- og vinkelfejl. GPS kan gøre en tegning fuldstændig entydig - **kun een geometrisk løsning på det virkelige emne som følge af tolerancesætningen**. GPS giver mulighed for en meget mere detaljeret styring af kravene til emnets geometri. GPS kan derfor udtrykke emnefunktioner.

Fire niveauer i GPS-matrix systemet

GPS-matrix systemet er en hierarkisk opbygget værktøjskasse med fire niveauer: Fundamentale, Globale, Generelle og Komplementære tolerancesætningsregler samt tilhørende måleregler. Standarderne i GPS-systemet er også opdelt efter de samme fire niveauer. Fundamentale regler (og standarder), der er GPS "Grundloven", danner de mest grundlæggende forudsætninger for hele GPS-systemet.

De fundamentale regler er fælles for alle typer tolerancer. Globale regler (og standarder) er underordnet de fundamentale regler. Globale regler er fælles for en eller flere typer tolerancer eller for en eller flere af de syv søjler i GPS-matrixen.

Fundamentale og globale regler er overordnede og på tegningen ikke synlige regler for de toleranceangivelser, som vi anvender og viser på tegninger med tolerance-symboler.

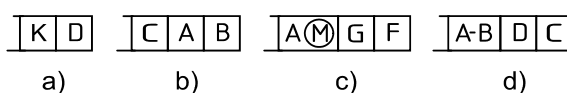
GPS-matrix systemet består i dag af mere end 100 enkeltstandarder, der fylder mere end 2500 sider. Man skal ikke lade sig skræmme af omfanget. Det er blot et tegn på de flere og mere præcise tolerancesætningsmuligheder, som er til rådighed. Man lærer heller ikke dansk ved at læse ordbogen!

Hvis det funktionskorrekte datum system undlades på en emnetegning, kan det aldrig lykkes at undgå specifikationsusikkerhed

Forudsætningen for, at en GPS-tolerancesætning på en tegning kan være entydig, er, at tolerancesætningen på tegningen påbegyndes med et funktionskorrekt datum system. Datum systemet er et perfekt koordinatsystem, som det ikke-perfekte, virkelige emne anbringes i efter entydige regler, som kan styres af toleranceangivelsen på tegningen. Datum systemet skal vælges på samme måde, som bevægefrihedsgraderne tages fra emnet på ved montagen i produktet. Hvis datum systemet undlades, kan det aldrig lykkes at gøre tegningen entydig og at undgå specifikationsusikkerhed.

Opfordring

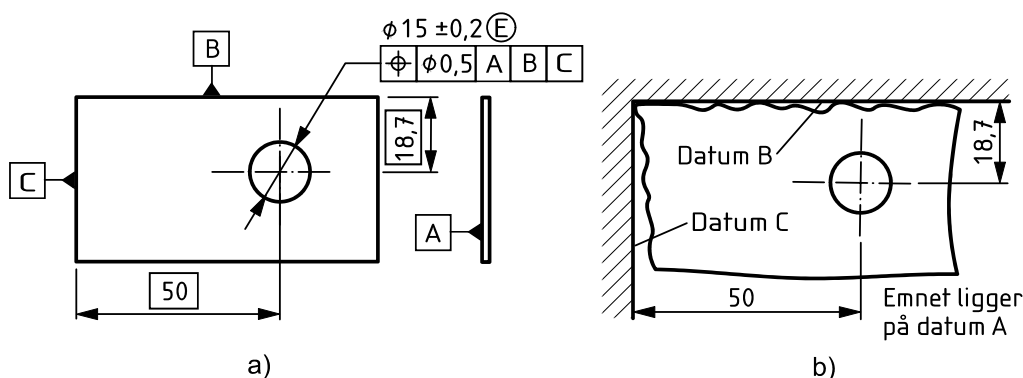
Undersøg, hvor mange af jeres tegninger, der indeholder et datum-system! Et datum system kan erkendes på tegningens toleranceindikatorer for geometriske tolerancer, ved at der forekommer to eller tre datum henvisninger i hver sin ramme efter toleranceangivelsens ramme - se figur 9.



Figur 9 - Eksempler på forskellige datum system indikatorer

Figur 10 viser et simpelt eksempel på anvendelse af et datum system og dets konsekvenser for det virkelige

emne, der har form og vinkel afvigelser.



Figur 10 - Hulcenter i et tyndt emne tolerancesat, a), i forhold til et tre-dimensionalt datum system med prioritering A, B, C. Konsekvensen kan ses på b)

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Dimensionstolerancesætning kun til diametre og tykkelser

En anden væsentlig forudsætning for, at der ikke opstår specifikationsusikkerhed ved tolerancesætningen, er, at der **ikke** anvendes dimensionstolerancesætning til andet end diametre og tykkelser! Alle andre lineære dimensioner og deres tolerancer på tegningen skal erstattes med positionstolerancer, og alle vinkel dimensioner og deres tolerancer skal erstattes med orientationstolerancer.

Datum systemets anvendelse

Den primære GPS tolerancesætning sker ud fra datum systemet/funktionskoordinatsystemet vha. 2D- eller 3D-tolerancezoner, hvis bevægefrihedsgrader kan styres på tegningen og låses efter behov med krav til hhv. lokation og orientation, samt formkrav hvor alle frihedsgrader er ulåste. Ofte er alle disse tre typer krav i anvendelse samtidigt på det samme element i emnet. Her anvendes geometriske tolerancer på en ny og anderledes måde.

GPS -metoden er helt uafhængig af form- og vinkelfejl i det virkelige emne!

Der skal selvfølgelig måles ud fra de samme forudsætninger (datum systemet). Dette er en helt anden filosofi end for dimensionstolerancesætning.

Ved geometrisk tolerancesætning skal emnets elementer blot ligge i de angivne tolerancezoner, som har perfekt form. Denne metode og filosofi er helt uafhængig af form- og vinkelfejl i det virkelige emne! Det er grundlæggende de samme målemetoder som hidtil, der kan anvendes. Den store forskel er, at nu ved målefolkene, på grund af GPS-tolerancekravet, hvordan de skal tage hensyn til form- og vinkelafvigelse i emnet, når der måles.

GPS tegninger ser mere komplicerede ud, men de indeholder i virkeligheden færre krav, som skal styres og måles

GPS-tolerancesatte tegninger ser mere komplicerede ud, men de er mere tydelige for læseren, og de indeholder i virkeligheden færre krav, som skal styres og måles, end hvis tegningen var dimensionstolerancesat eller hybrid-tolerancesat.

De vigtigste af de fundamentale principper og regler i GPS er vist i den følgende tabel. Hvis ikke disse principper og regler er kendte, kommer man - med stor sikkerhed - uforvarende til at lave en tolerancesætning, der betyder noget helt andet, end man har tænkt sig.

Princip	Populær forklaring af princippet
Operator princippet	Betydningen af GPS-toleranceangivelser er defineret som såkaldte specifikations-operatorer, der er formuleret som virtuelle målemetoder. Målemetoderne til eftervisning af tolerancer er tilsvarende defineret som verifikations-operatorer, ved brug af eksakt den samme operator. Ordet operator anvendes som betegnelse for den detaljerede (ofte matematisk formulerede) definition af toleranceangivelsen på tegningen (specifikations-operatoren) eller målemetoden (verifikations-operatoren).
Dualitet princippet	Dualitetsprincippet medfører, at den korrekte målemetode er den, der svarer til definitionen af specifikationsoperatoren. Tegningen styrer altså målemetoden.
Uafhængighed princippet	Uafhængighedsprincippet er et ældre princip formuleret i en ISO-standard for tolerancesætning allerede i 1983. Uafhængighed princippet fastsætter, at enhver toleranceangivelse på en tegning skal opfyldes hver for sig - uden påvirkning fra andre tolerancer. Der findes kun to, men hyppigt anvendte, undtagelser fra uafhængighed princippet, maksimum og minimum materiale krav, der angives på tegningen med modifikator symbolerne $\textcircled{M}$ og $\textcircled{L}$.
Tegningen er definitiv princippet	Tegningen er definitiv princippet siger kort, at kun de tolerancekrav, som er angivet på og med tegningen, skal opfyldes. Der er ingen skjulte krav.
Default princippet	Default princippet - medfører, at en kort skriveform for en toleranceangivelse på en tegning, kan være defineret med mange detaljer for specifikationsoperatoren i en standard. Dette er uhyre farligt for den, der ikke kender default princippet og default angivelsens betydning samt dens detaljerede definition.
Usikkerhed princippet	Usikkerhedsbegrebet anvendes som en fælles målestok for tvivl: - Måleusikkerhed - anvendes til at angive usikkerheden på et måleresultat fra en måling på det virkelige emne - Måleusikkerheden er målefolkernes ansvar. - Specifikationsusikkerhed - anvendes til at angive usikkerheden for en toleranceangivelse, når tolerance definitionen for den på tegningen angivne tolerance anvendes på det virkelige emne - Specifikationsusikkerheden er konstruktørens ansvar. - Korrelationsusikkerhed - anvendes til at beskrive, hvor godt en tegnings tolerancesætning beskriver/simulerer den ønskede emnefunktion - Korrelationsusikkerheden er konstruktørens ansvar.

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Princip	Populær forklaring af princippet
Overensstemmelse princippet	Det er princippet og reglerne for visning af overensstemmelse og ikke-overensstemmelse med en toleranceangivelse på en tegning, når der optræder måleusikkerhed og/eller specifikationsusikkerhed. Disse regler har afgørende og ofte ekstrem stor indflydelse på valget af toleranceværdier og på relationerne mellem kunde og leverandør.
Fortolkning princippet	Fortolkning princippet for tolerance angivelser på en tegning fastsætter, at en tegnings tolerancesætning skal læses/fortolkes og måles efter de forudsætninger/regler, der var gældende, da tegningen blev udarbejdet! Det betyder, at tegningens godkendelsesdato (+ en rimelig implementeringstid) fastsætter, hvilke standardiserede regler der gælder for den aktuelle tegning. Tolerance-symbolerne, der er anvendt på en tegning, underkender dato-reglen, hvis symbolerne kan identificeres at være enten ældre eller yngre end tegningens godkendelsesdato. I et sådant tilfælde er det symbolernes betydning, der styrer, og ikke datoen.

Hvad opnår min virksomhed ved at anvende GPS?

På den traditionelle tegning anvendes allerede nogle af de tolerancesymboler, som i dag er en del af GPS-systemet. Anvender man ikke tolerancesymbolerne med kendskab til den korrekte betydning, som de har i dag, så risikerer man at få et helt andet produktionsresultat end det, der var hensigten med tegningen. Det sker, når symbolerne på tegningen bliver læst korrekt efter GPS-reglerne. Således bliver hensigten med tolerancesætningen misforstået af de, som kender og følger de gældende GPS-regler. Man får selvfølgelig heller ikke fordelene, som er i GPS-systemet, når symbolerne ikke anvendes ifølge den moderne GPS-betydning og ikke anvendes systematisk ud fra GPS-filosofien.

GPS giver mulighed for både et økonomisk og et teknisk løft

Indførelsen af GPS i en virksomhed giver generelt både et økonomisk og et teknisk løft, fordi specifikationsusikkerheden kan fjernes helt, og korrelationsusikkerheden kan reduceres til en mindre størrelse. Det burde være motivation nok til aktivt at indføre GPS nu og her i jeres virksomhed.

Den specifikations- og korrelationsusikkerhed, der elimineres ved brugen af GPS, kan anvendes til enten at forbedre emnets funktioner eller til at udvide den toleranceværdi, der angives på tegningen - eller begge dele. Der bliver ofte mulighed for mere end en fordobling af den tolerance, der kan angives på tegningen, når der anvendes GPS, i forhold til den toleranceværdi, der kan angives på den traditionelle tegning.

Anvendelse af GPS giver ofte mulighed for mere end en fordobling af den "traditionelle" tolerance

Eksempler på fordele ved GPS:

- Der er ingen tvivl om, hvad der er kravene til emnet. Specifikationsusikkerheden er lav. Tegningen er entydig. Virksomheden kan kommunikere entydigt og uden problemer med underleverandører her og i udlandet, også selvom man ikke har et fælles talesprog.
- Tolerancekravene kan gøres mere funktionskorrekte. Kravene på tegningen kan differentieres og detaljeres mere.

Tolerancesætningen kan simulere emnefunktionerne. Korrelationsusikkerheden er lav.

Tegningen bliver langt mere værdifuld for produktudvikling i næste version af produktet, da GPS-tegningen indeholder langt mere korrekt, detaljeret og entydig information om de geometriske krav i forhold til emnets funktioner.

Den "sparede" specifikationsusikkerhed og den "sparede" korrelationsusikkerhed kan direkte anvendes til at øge den "traditionelle" tolerance

- Tolerancerne er større. Både den "sparede" specifikationsusikkerhed og den "sparede" korrelationsusikkerhed kan direkte anvendes til at øge den "traditionelle" tolerance. Større tolerance giver et bedre forhold mellem måleusikkerhed og tolerance, og mellem processpredning og tolerance.
- GPS-tegningen indeholder meget mere information, der kan anvendes til mere kvalificeret at vælge fremstillingsprocesser, bearbejdningsrækkefølge, opspændings- og opretningsmetoder mv., så der i flere tilfælde end ellers **ikke** er behov for efterfølgende kontrolmålinger af emneegenskaberne. Idet kravene på tegningen automatisk er opfyldt!
- Konstruktøren skal nu ikke tage hensyn til hverken fremstillings- eller målemetoders egenskaber, men skal udelukkende koncentrere sig om at tolerancesætte ud fra funktion. Det er konsekvensen af overensstemmelsesprincippet.
- Specifikationsoperatoren, som er tolerancesymbollets definition, bestemmer og fastlægger nu direkte, hvad der er den teoretisk korrekte målemetode. Opgaven for målefunktionen består nu i at undlade at anvende den ofte dyre, langsomme og komplicerede korrekte målemetode og -udstyr. I stedet skal målefunktionen designe og kvalificere en langt billigere, hurtigere og meget simpel målemetode, der kan udføre opgaven "godt nok"! "Godt nok" - det baseres på en måleusikkerhedsvurdering - og den økonomiske konsekvens af usikkerheden.

Hvordan implementeres GPS i en virksomhed?

Beslutningen om at implementere GPS i en virksomhed skal være en virksomheds-strategisk beslutning - en ledelsesbeslutning. GPS, det vil og skal vi! Det skal kundgøres af ledelsen, og det skal være meget synligt for medarbejderne som et krav til dem. Der skal afsættes ressourcer, for det tager tid! - Men resultaterne viser sig hurtigt!

Indførelse af GPS i en virksomhed skal være en virksomheds-strategisk beslutning - En ledelsesbeslutning

Reprogrammering

Implementeringen af GPS (se figur 11) kan ikke gøres stykkevis og af een person eller i een afdeling ad gangen. Der er brug for på een gang at skabe et fælles "sprog" og en fælles forståelse mellem **alle** tekniske funktioner og personer i virksomheden, så de kan kommunikere entydigt med hinanden vha. GPS. Når det eksisterende normale tolerancesætnings-niveau og GPS-tolerancesætningssprogets omfang og muligheder tages i betragtning, så kræver det normalt en total reprogrammering eller nyuddannelse af hele det tekniske personale i virksomheden. Det er kort sagt: Forfra begynd!

Det kan ikke forventes at personer, der kommer direkte fra uddannelsessystemet, har et tilstrækkeligt kendskab til anvendelse af GPS. De fleste uddannelsesinstitutioner har endnu ikke GPS på programmet og anvender meget få undervisningstimer på tolerancesætningens regler og symboler.

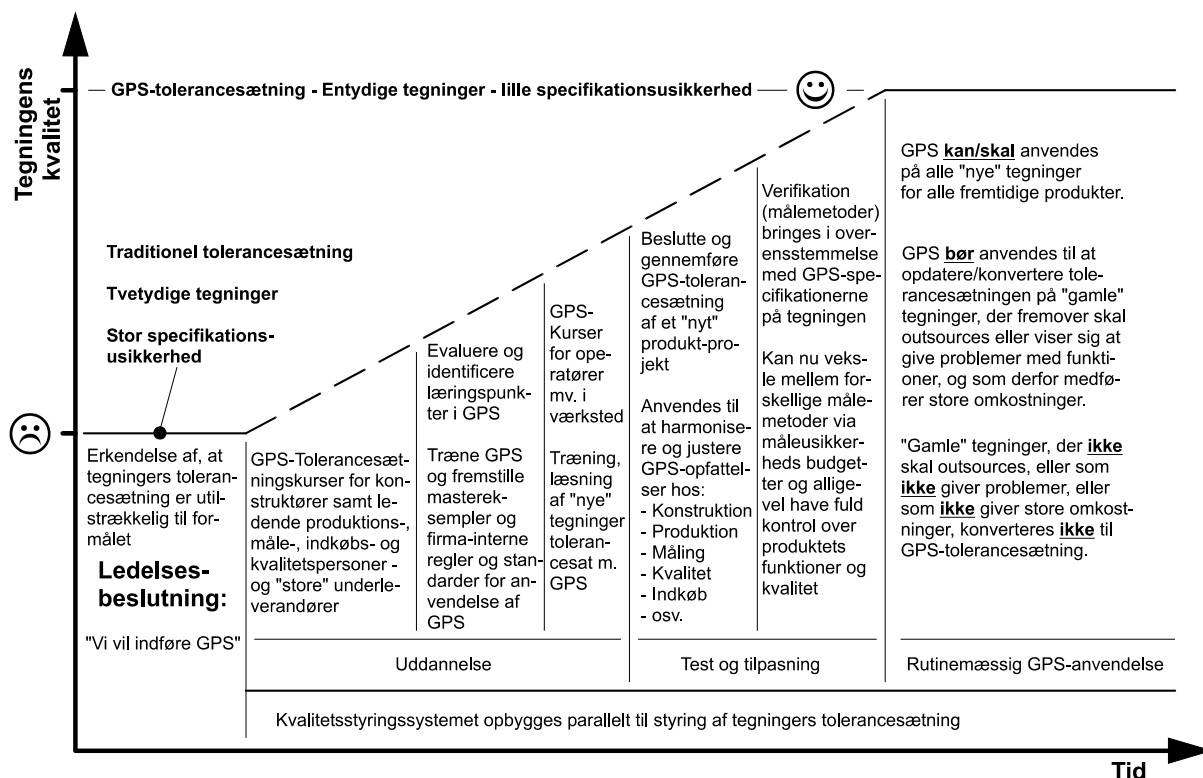
To valgmuligheder

Der er to muligheder for at gennemføre GPS-implementeringsprocessen:

- Selvstudie for alle - eller i en kernegruppe, der så underviser og informerer resten af personalet. Som undervisningsmateriale til et selvstudium kan anvendes bøgerne: "Geometriske Produkt Specifikationer (GPS) - Vejledning i anvendelse" og "GPS-Lommebogen". GPS-standarderne er også nødvendige. Se detaljer om disse publikationer på den sidste side i heftet.
- Alle medarbejdere deltager i eksterne kurser, eller der afholdes kurser i virksomheden for virksomhedens medarbejdere, med eksterne personer som instruktører, for at lægge et fundament. - Kurserne efterfølges af "sprog"-træning med praktiske tolerancesætningseksempler i form af komplette emnetegninger og konstruktioner.

Den første mulighed er mere en teoretisk mulighed end en, der bør anvendes i praksis. Den kræver for store ressourcer. Erfaringen viser, at der er store muligheder for, at væsentlige dele af tolerancesætningsreglerne bliver misforstået.

Erfaringen viser at et kursus er en bedre løsning. Det giver det nødvendige grundlag for en god begyndelse for en implementering af GPS, og det fører hurtigere og mere sikkert til målet end selvstudium:



Figur 11 - Implementeringen af GPS i en virksomhed

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Undervisning i GPS baseret på virksomhedens egne tegninger

Erfaringen viser, at der er behov for et koncentreret grundlæggende GPS-kursus på minimum 25-30 timers effektiv undervisning. Det kan bestå af en gennemgang af GPS-værktøjsskassen (GPS-systemet, tolerancesætningsregler og -symboler) af en varighed på 75-80% af undervisningstiden, og bør afsluttes med mange eksempler på det at ændre virksomhedens egne eksisterende tegninger fra traditionel tolerancesætning til GPS-tolerancesætning. Egne tegninger som eksempler er en nødvendighed, fordi udførelse af GPS-tolerancesætning i langt højere grad end traditionel tolerancesætning kræver et meget detaljeret kendskab til emnets anvendelse og funktioner i produktet.

Erfaringen viser, at der er behov for et koncentreret grundlæggende GPS-kursus på minimum 25-30 timers effektiv undervisning

Gamle problemer bliver til nye løsninger

Deltagere fra virksomheden samles i hold omkring en gruppe af produkter/emner og de tilhørende problemer, som de kender og arbejder med i deres dagligdag. Deltagere på holdene bør sammensættes fra mange (alle) funktioner i virksomheden (konstruktion, produktion, salg, indkøb, kvalitet, måling mv.). Så oplever deltagerne erfaringsmæssigt allerede under kurset det nye og uventede, at de nu kan kommunikere bedre og entydigt vha. GPS. Deltagerne vil også opleve, at de allerede under kurset er i stand til at løse problemer med emnekrav på tegninger, som ikke tidligere har fundet en entydig og god løsning.

Det kan være en god idé at invitere nøglepersoner fra de store og/eller væsentlige leverandører til at deltage i virksomhedskurser.

Det motiverer også leverandøren og letter senere kommunikation og samarbejde til alles fordel.

Opnåelse af et operationelt niveau

Det niveau, der opnås efter et sådant grundlæggende 25-30 timers GPS-kursus, er ikke særlig højt eller særlig operativt. Det er bestemt ikke noget "nørd-niveau", som opnås efter 25-30 timers undervisning. Niveauet efter et sådant sprog-kursus er akkurat nok til, at en erfaren konstruktør kan begynde at anvende GPS på simple emnetegninger for simple emner/funktioner. Stofmængden og antallet af nye ting i GPS er simpelthen for stor. Men efter kursus opnås rutinen og det operationelle niveau ved systematisk GPS-anvendelse.

Det beskrevne kursusforløb er egnet for konstruktører og ledende personer fra andre tekniske funktioner i virksomheden. Udførende personale fra produktions- og måleområdet, operatører mv. bør undervises på et kursus af et mindre omfang.

Erfaringen viser, at der med fordel kan etableres en tværfaglig GPS-gruppe i virksomheden

Processen udbygges

Erfaringen viser, at der med fordel kan etableres en tværfaglig GPS-gruppe i virksomheden. I GPS-gruppen kan den nye tolerancesætnings-kultur så udvikles efter det grundlæggende kursus i virksomheden.

Det er væsentligt, at man i virksomheden får en fælles forståelse af, hvad der er kritiske krav til emnerne. Nemlig de krav, hvor GPS ubetinget skal anvendes.

Det har vist sig fordelagtigt, efter det grundlæggende kursus, at afholde "opfølgingsmøder" med deltagelse af den eksterne instruktør/underviser.

Det kan foregå, når der opstår et behov i GPS-gruppen for at få afklaret spørgsmål om detaljer i nye tegninger, som er fremstillet med GPS-tolerancesætning. På opfølgingsmøderne kommer der så en mere avanceret diskussion af "nye" tegninger og forståelse af en mere kompleks og mere avanceret GPS-anvendelse.

Resultaterne indfinder sig

Det viser sig, at GPS-gruppen også medfører, at der udvikles interne firma standarder på basis af den nye viden. Firma standarder medvirker til at samle og dokumentere eksisterende speciel toleranceviden og tolerancebehov. Firmastandarder medvirker også til at nedsætte den enkelte tegnings kompleksitet. Firma standarder er forudset i ISO-GPS som et nødvendigt supplement. Internationale standarder kan og skal ikke dække alle forhold og detaljer.

Der er behov for at udvikle interne firma standarder som supplement til ISO-standarderne

Det er normalt, at der senere opstår behov for specialiserende videregående kurser for mindre grupper af personer, fx kurser i overfladetekstur-specifikationer (ruhed, mv.) og -måling, formspecifikationer og formmåling, datum og datum systemer, estimering og anvendelse af måle- og specifikationsusikkerhed osv.

Varselsskud

Når de første "nye" GPS-tegninger skal ud i "aktiv tjeneste", så er det sidste chance for at informere eget "menigt" værkstedspersonale, kunder og leverandører om, at det nu er nye GPS-tider. Der burde nok være affyret et varselsskud eller to nogen tid før.

Det er væsentligt, at leverandører og personalet i egne produktionsafdelinger er klar over, at der nu er ændrede og nye symboler/regler på tegningerne, og specielt at reglerne for bevis for overensstemmelse/ikke overensstemmelse nu er anderledes end tidligere, samt at der nu skal fremlægges bevis for måleusikkerhedens størrelse.

Hæng GPS-plakater op flere steder i virksomheden for at understøtte og informere om det nye, der sker

Hæng GPS-plakater op flere steder i virksomheden for at understøtte og informere om det nye, der sker.

Send evt. plakater med som information til leverandører.

Udlever en GPS Lommebog til alle medarbejdere (se oversigten over GPS-publikationer, der kan støtte GPS-implementeringen i virksomheden, på sidste side i heftet). Send en GPS Pocketbook, der er skrevet på deres eget sprog, til udenlandske kunder og leverandører.

Når GPS implementeres i virksomheden, så bliv fra "gamle" tegninger

GPS-matrix systemet - Introduktion og orientering

Gør det ikke sværere end nødvendigt

Når GPS implementeres i virksomheden, så bliv fra "gamle" tegninger. Lad dem være, som de er. Start med GPS i et nyt produkt-projekt. Når der er opbygget erfaring med brug af GPS, så kan det overvejes og vurderes, om der også er et par "ældre" problememners tegninger, der skal revideres og opdateres til GPS-niveau.

Gennemgå og vurder altid gamle tegninger ud fra en GPS og specifikation usikkerhed synsvinkel, inden de outsources og sendes til en leverandør. Opdatér til GPS om nødvendigt.

Bevar overblikket

Når GPS implementeres, så indfør en procedure for en teknisk kvalitetsstyring af tegningers tolerancesætning. Det er nødvendigt at holde styr på, hvilke og hvornår nye GPS-standarder og GPS-regler tages i brug både nu og i fremtiden, og for hvilke tegninger/projekter de gælder.

Det er for de fleste virksomheder en ny situation, at tolerance-symbolsproget hele tiden ændres, udvikles og forbedres, og derfor skal kvalitetsstyres.

Et par råd fremover

Det er nødvendigt at have mindst een komplet samling af ISO og/eller DS GPS-standarderne i virksomheden. En samling, der hele tiden skal holdes opdateret. Det burde være lige så naturligt at have en komplet og opdateret samling af GPS-standarder, som at have en engelskord-bog i virksomheden. Standarder har ikke til formål at undervise, men kun at give regler og værktøjer.

Vejledning og undervisning i anvendelse af GPS-standarder må man selv sørge for at holde vedlige ved at følge med i udviklingen, fx ved at deltage på konferencer og/eller køb af relevant litteratur og/eller regelmæssige opfølgningskurser med ekstern eller intern underviser.

Hvordan etableres en GPS tolerancesætning på en tegning?

En GPS-tolerancesætning kan kun fungere, hvis tegningens tolerancesætning opbygges systematisk på en bestemt måde. Følgende procedure og rækkefølger er kun en grov og skitse-mæssig vejledning.

Det vigtigste er emnets funktioner

Det er klart, at denne procedure og en konsekvent GPS-tolerancesætning kun er nødvendig for de elementer og tolerancekrav, der direkte indgår i emnets funktioner - de kritiske emnekrav. Hvordan resten tolerancesættes, har ikke den samme betydning og behøver ikke i samme grad at være entydigt.

Der skal generelt tænkes i bevægefrihedsgrader og låsning af frihedsgrader. Først for hele emnet (vha. datum-systemet) og derefter for hver af emnets enkelte elementer. Datum-system, datums, tolerancetyper, toleranceværdier mv. skal udelukkende vælges ud fra hensynet til emnets færdige tilstand og de funktioner, som emnet skal have i denne tilstand.

Fremgangsmåden i hovedtræk

Tegningsbillederne forudsættes at eksistere. Herefter gøres følgende:

- Fastlæg og etabler et funktionskorrekt 3-dimensionalt hoved-datum-system, der orienterer, placerer og fastholder hele emnet med de bevægefrihedsgrader låst, som om emnet allerede var monteret i produktet eller i funktion, hvis emnet skal fungere alene. Hoved-datum-systemet skal fungere som et perfekt koordinat-system, i hvilket det ikke-perfekte emne er placeret og orienteret på en entydig måde.

Dette datum system er en første absolut forudsætning for at opnå fordelene ved GPS-tolerancesætning og for at gøre tolerancesætningen entydig. Hvis datum systemet mangler, opstår der i næsten alle tilfælde meget store specifikationsusikkerheder.

En anden forudsætning for at opnå fordelene ved GPS-tolerancesætning og undgå, at tolerancesætningen bliver flertydig, er, at dimensionstolerancesætning ikke anvendes på tegningen til andet end lineære størrelser (fx diameter og tykkelser). Alle andre lineære dimensionstolerancer end diameter og tykkelser erstattes med positionstolerancer. Alle vinkel dimensioner og tilhørende tolerancer erstattes med orientationstolerancer. Hybrid-tolerancesætning kan altså ikke accepteres for de elementers egenskaber, som er væsentlige for emnets funktion.

Udvælg de elementer i emnet, som er væsentlige for emnefunktionerne. Kun de skal ubetinget tolerancesættes efter den følgende procedure.

- Alle størrelse elementer i emnet dimensions-tolerancesættes. Det er nødvendigt at anvende enten tolerancekoder (fx h6 og K8) eller at præcisere, hvordan $\pm$

tolerancen er defineret ved hjælp af en eller flere modifikatorer, fx $\textcircled{E}$, eller med en note, der forklarer definitionen.

- Der etableres lokation tolerancezoner (position, symmetri og koaksialitet tolerance) for samtlige væsentlige elementer i emnet. Tolerancezonerne placeres og orienteres ved hjælp af TED'er (Teoretisk Eksakte Dimensioner - fx $\boxed{20}$ og $\boxed{55^\circ}$) i forhold til det valgte hoved datum system, eller til et andet lokalt datum system eller til et enkelt datum i emnet.

Alt foregår ud fra hensynet til emnets funktioner og til elementernes frihedsgrader i det virkelige emne.

Lokation tolerancezonerne, som nu er fastlagt, stiller også krav, med samme toleranceværdi, til elementernes orientation og form.

- De elementer, som behøver en mindre orientation tolerance (vinkelrigtighed, vinkelrethed eller parallelitet tolerance) end den, der allerede er etableret ved lokation tolerancen, tolerancesættes nu **også** med orientation i forhold til det valgte hoved datum system, eller til et andet lokalt datum system eller til et enkelt datum i emnet.

Orientation tolerancezonerne, som nu er fastlagt, stiller også krav, med samme toleranceværdi, til elementernes form.

- De elementer, som behøver en mindre form tolerance end den, der allerede er etableret ved lokation tolerancen og/eller orientation tolerancen, tolerancesættes nu **også** med form tolerancer (rethed, planhed, rundhed, cylindricitet tolerancer mv.).
- Form tolerancer suppleres efter behov med overfladetekstur tolerancer (ruhed, bølgethed mv.) for at dække "kort" og "mellembølge" området i overfladerne. Formtolerancer dækker normalt kun "langbølge" området.
- Overflader forsynes efter behov med overfladeufuldkommenhed krav i den udstrækning overfladetekstur tolerancerne ikke er egnet til at sikre overfladens funktion.
- Alle kanter tolerancesættes.

Når alle væsentlige elementers krav er tolerancesat konsekvent med GPS, kan det overvejes, hvor meget det er nødvendigt at gøre ud af tolerancesætningen på resten af elementerne. Normalt vil man på resten af elementerne kunne acceptere en specifikationsusikkerhed af en vis - og ofte af en væsentlig - størrelse. I disse overvejelser skal dog stadig indgå det faktum, at brugen af $\pm$ dimensionstolerancer kan medføre specifikationsusikkerheder, der er meget større end den tolerance, som angives på tegningen.

Hvor får jeg mere materiale og flere oplysninger om GPS?

FVM (Foreningen for Værkstedsteknisk Metrologi) har fremstillet flere forskellige bøger og andre hjælpemidler, beregnet til at lette overgangen til og implementeringen af GPS-tolerancesætning i virksomheden. På den sidste side i dette hefte findes der en fortegnelse over de GPS-hjælpemidler, der er til rådighed.

De vigtigste bøger er:

- GPS-bogen, "Geometriske Produktspecifikationer (GPS) - Vejledning i anvendelse". Den er udgivet i et samarbejde mellem FVM og DS (Dansk Standard). GPS-bogen giver den mest omfattende vejledning.
- "GPS-lommebogen", som er udgivet af FVM, er også væsentlig, men kun som et supplement til GPS-bogen. GPS-lommebogen kan ikke stå alene.

Begge bøger er beregnet for "professionelle brugere" af tekniske tegninger. Både de personer, der fremstiller tegninger med tolerancesætning (konstruktion/udvikling), og de personer, der skal læse og forstå tegningers tolerancesætning (produktion, måleteknik, leverandører mv.).

GPS Ordliste

Der er også udgivet en ordliste, Dansk/Engelsk og Engelsk/Dansk, for de mere end 2000 specielle ord og

begreber, der anvendes i forbindelse med tolerancesætning. I ordlisten, som er udgivet af FVM, er der henvisninger til relevante definitioner i GPS-standarderne.

GPS-standarder

GPS-standarderne i ISO- eller DS/EN ISO-versionen er grundlaget for hele GPS-systemet. Derfor kan disse standarder ikke undværes for en virksomhed, som anvender GPS, og som skal kunne følge med i udviklingen af GPS-sproget. Standarderne indeholder kun regler og enkelte eksempler på reglernes anvendelse. Vejledningen i, hvordan GPS anvendes i praksis, kan, ifølge reglerne for standards indhold, ikke gives i standarder.

Her er GPS-bogen og GPS-Lommebogen de eneste muligheder.

Fremmedsproglige publikationer om GPS

GPS-lommebogen findes i en lidt udvidet engelsksproget udgave, GPS Pocketbook. Denne bog er velegnet ved kommunikation med ikke-dansktalende virksomheder. Tilsvarende GPS-lommebøger udgives på andre sprog. Fremmedsproglige lommebøger er udgivet af "ifGPS", Henrik Nielsen, bosiddende i USA og Per Bennich i Danmark.

Hvordan holde sig løbende orienteret om udviklingen og nye muligheder i GPS?

GPS udvikler sig hele tiden. Der kommer nye muligheder, regler og symboler til med mellemrum i de nye standarder, som udgives. Oplysninger om nye GPS-standarder kan findes på ISO's og DS's websites, se nedenfor. ISO's GPS-komité (ISO/TC 213), i hvilken alle nye GPS-standarder udvikles, har også en website, hvor det er muligt at følge med i udviklingen. En del af ISO/TC 213's website er dog beskyttet med pass-word. På ISO/TC 213's website er der bl.a. frit tilgængelige fortegninger over gældende ISO GPS-standarder, nye ISO-standarder, der er til afstemning, og ophævede "gamle" standarder.

Nyheder og temadage

FVM's website har specialsider med omtale af nyheder inden for GPS. Nyheder anmeldes og kommenteres her. FVM har gennem tiden afholdt mange konferencer (temadage) med forskellige emner inden for GPS-området. Du kan rekvirere og købe dokumentationen fra disse konferencer ved henvendelse til FVMs sekretariat, se oversigten på FVM's website. FVM vil også i fremtiden afholde konferencer med GPS-temaer. Du kan holde dig orienteret om FVM's temadagsprogram på FVM's website.

Websites

Der er også andre websites på nettet, der indeholder nyheds- og detailoplysninger om GPS. Det er muligt at downloade artikler og andet materiale om GPS og GPS-anvendelse fra flere af disse websites. Adresserne på de mest relevante GPS-websites er:

ISO's web-adresse: www.iso.org

ISO/TC 213's web-adresse: <http://isotc213.ds.dk/>

DS's web-adresse (generelt): www.ds.dk

DS's (GPS specielt) www.ds.dk/gps

FVM's web-adresse: www.fvm.org, eller
www.maaleteknik.dk

Per Bennich's web-adresse: www.bennich.dk, eller
www.ifGPS.com

Oplysninger om kurser i GPS

Der udbydes i dag GPS-kurser fra undervisningsinstitutioner, halv- og hel-officielle institutter samt fra private virksomheder og konsulenter.

Her skal ikke fremhæves nogle af disse (på bekostning af andre), da der ikke findes en objektiv registrering af disse kursers indhold og niveau.

GPS-matrix system idéens historie

Begrebet Geometriske Produkt Specifikationer (GPS), standardkæderne og matrix idéen opstod i 1982 ved et forsøg på at skabe et systematisk overblik over, hvilke krav de standardiserede toleranceangivelser på tekniske tegninger stiller til måleteknikken (måleudstyr og målemetoder). Formålet med opstillingen af den første matrix var at planlægge relevante kurser i geometrisk måleteknik til Måleteknikeruddannelsen baseret på tegningers tolerancekrav.

I årene 1989, 1990 og 1991 er GPS og GPS-matrixen grundlaget for Dansk Standards udgivelse af de dengang eksisterende danske GPS-standarder som DS Håndbog 20-serien i syv bind samt DS/INF 57, 1. udgave, "Vejledning om geometriske produktspecifikationer". DS håndbog 20-serien var forløberen for den nuværende DS Håndbog 114-serie.

GPS-bogen - den nye fra 2002 - har også betegnelsen DS/INF 57, 2. udgave 2002, som viser, at den er efterfølgeren for 1990-udgaven.

I 1992 præsenteres matrix ideen for de tre relevante Technical Committees i ISO (ISO/TC 3, ISO/TC 10/SC 5 og ISO/TC 57), som hver især havde ansvaret for de forskellige områder af det, der i dag er omfattet af GPS-matrix systemet. Samtidig foreslås, at hele området lægges sammen og harmoniseres under een teknisk komité i ISO.

Matrix ideen accepteres, men af forskellige politiske grunde fortsætter de tre komiteer i ISO uændret og uden sammenlægning. I 1993 oprettes en europæisk teknisk komité under CEN med betegnelsen CEN/TC 290 og navnet "Geometrical Product Specifications". Her udarbejdes en detaljeret arbejdsplan for harmonisering og modernisering af GPS-tolerancesætningssproget til tekniske tegninger.

Det besluttet i CEN/TC 290, efter råd fra flere større europæiske virksomheder, at der **IKKE** skal udarbejdes

specielle europæiske GPS-standarder, men at ressourcerne i stedet skal bruges på at udarbejde internationale standarder i ISO.

ISO-standarder, der også kan være europæiske standarder. Begrundelsen er, at europæisk industri arbejder over hele verden, og at GPS derfor skal være et internationalt accepteret sprog.

Internationalt påbegyndes harmoniseringsarbejdet af GPS-området i 1993. I første omgang sker det uden for ISO's egentlige organisation i den såkaldte Joint Harmonization Group. I 1996 tilbyder ISO at lægge alle de relevante GPS-standarder i en ny teknisk komité, som får betegnelsen ISO/TC 213, "Geometrical Product Specification and verification", og lukke de tre "gamle" komiteer.

Arbejdet med udviklingen af GPS-området har siden foregået i ISO/TC 213. Hele forløbet siden starten i 1993 har internationalt været under dansk ledelse.

Antallet af standarder i den centrale del af GPS-matrix systemet er i øjeblikket over 100 standarder, som har et samlet sideantal på over 2500 sider. Hertil kommer et endnu større antal "specielle standarder", der beskæftiger sig med tolerancer og tolerancesystemer for specielle geometrier som gevind, splines, tandhjul osv. eller generelle tolerancer for specielle fremstillingsprocesser. De fleste af disse "specielle standarder" bliver til i andre ISO-komiteer end ISO/TC 213, men de bygger på GPS-systemets regler.

Tolerancesætningsreglerne udgør kun en andel af GPS-standarderne, men i tabel 1 kan man få et indtryk af væksten i antallet af disse regelbærende tolerancesætningsstandarder og dermed omfanget og ændringshastigheden i GPS-systemet. Det ses meget tydeligt, at det store antal ændringer i reglerne for tolerancesætning er sket inden for de sidste 10-15 år.

Tabel 1 - Oversigt over antallet af regelbærende GPS-standarder på forskellige tidspunkter

Årstal	1930-19-65	1975	1990	2002	2004/5
Totalt antal standarder	6	11	22	52	> 85

Til personlige notater

GPS-publikationer

Publikationer, der kan anvendes ved indførelse og brug af Geometriske Produkt Specifikationer (GPS) i en virksomhed



Geometriske Produktspecifikationer (GPS) - Vejledning i anvendelse

GPS Bogen, udgivet i samarbejde mellem FVM og DS i 2002. 530 sider og trykt i B5 format. Skrevet af Per Bennich. Pris kr. 695,- + moms og forsendelse.

GPS-bogen sammenfatter alle regler og symboler for tolerancesætning, som er indeholdt i mere end 100 internationale GPS-standarder. GPS Bogen præsenterer, kommenterer og giver detaljeret forklaring og vejledning i anvendelsen af hele den "GPS-værktøjskasse", som i dag er til rådighed. GPS-bogen er blevet til i et samarbejde mellem Dansk Standard (DS) og FVM.



GPS Lommebogen

GPS Lommebogen, udgivet af FVM i 2002. 32 sider og trykt i A6-format. Skrevet af Per Bennich. Pris kr. 80,- + moms og forsendelse.

Giver i ultrakort form og med meget små bogstaver et overblik over GPS. Der er på hver side henvisninger til uddybninger i GPS-bogen. GPS-Lommebogen passer lige i skjortelommen.

GPS Pocketbook, GPS Lommebogen i en udvidet engelsksproget udgave, findes nu også. Udgivet af ifGPS i 2004. Skrevet af Henrik Nielsen og Per Bennich. Pris kr. 82,- + moms og forsendelse.

GPS Pocketbook udkommer også på tysk, spansk, svensk, kinesisk (Mandarin), m.fl. sprog



GPS Ordliste

GPS Ordlisten, udgivet af FVM. 110 sider og trykt i A4-format. Udarbejdet af Per Bennich. Pris kr. 150,- + moms og forsendelse.

GPS Ordlisten indeholder mere end 2000 termer/ord og forkortelser anvendt i forbindelse med tolerancesætning af tegninger og måling af Geometriske Produkt Specifikationer. Der findes Dansk-Engelsk og Engelsk-Dansk lister med termer i alfabetisk orden. For hver term henvises til dennes definition i standarder.



GPS-Plakater

GPS-kampagne-plakater, udgivet af FVM. Med budskabet: "GPS forbinder idé med virkelighed". Trykt på svært papir. Plakaterne findes i størrelserne A1 og A4.

Pris A1 GPS-plakat: Kr. 60,- pr. stk., ved køb af 2-5 kr. 50,- pr. stk. og ved køb af 6 eller flere kr. 45,- pr. stk.

Pris A4 GPS-plakat: Kr. 10,- pr. stk. - ingen mængderabat.



Dansk Standard (DS), Håndbogsserie 114, Geometriske Produkt Specifikationer (GPS), bind 2 - 6

De fem bind i DS Håndbog 114-serien er udgivet af DS i 1997-99. Trykt i B5-format og indeholder mere end 130 GPS-standarder, der fylder mere end 2500 sider. Prisen for hele serien er kun kr. 1200,- + moms og forsendelse.

130 standarder, som du skal kende indholdet af for at kunne tolerancesætte og læse en tegning. DS-Håndbog 114-serien er et perfekt match til GPS-bogen. Så har du både GPS-standarderne og vejledningen i, hvordan GPS anvendes



Ovenstående danskesprogede GPS-materialer kan købes hos **FVM - Foreningen for Værkstedsteknisk Metrologi** og **DS - Dansk Standard**.

Fremmedsproglige GPS-publikationer kan købes hos **Dansk Standard** og **Per Bennich, Metrology Consulting**.

Flere detaljer om alle publikationerne kan findes på de relevante websites

FVM - Foreningen for Værkstedsteknisk Metrologi
Telefon: 45 76 94 80
industriel@maaleteknik.dk
www.maaleteknik.dk

DS - Dansk Standard
Telefon: 39 96 61 01
DSsalg@ds.dk
www.ds.dk/GPS

Per Bennich, Metrology Consulting
Telefon: 44 47 01 04
per@bennich.dk
www.bennich.dk

Tolerancesætning med GPS-matrix systemet

Introduktion og orientering

© Foreningen for Værkstedsteknisk Metrologi (FVM)

Omslag: Danny Lund

Tryk: Dansk Standard

Udgivet oktober 2004 $\pm 0,2$ (LS)

1. udgave 1. oplag

Udgivet af FVM og DS



FVM

Hovedgaden 55C
2970 Hørsholm

Telefon:

45 76 94 80

Fax:

45 57 04 35

E-mail:

industriel@maaleteknik.dk

Web:

www.maaleteknik.dk



Dansk Standard

Kollegievej 6
2920 Charlottenlund

Telefon:

39 96 61 01

Fax:

39 96 61 02

E-mail:

gps@ds.dk

Web:

www.ds.dk/gps