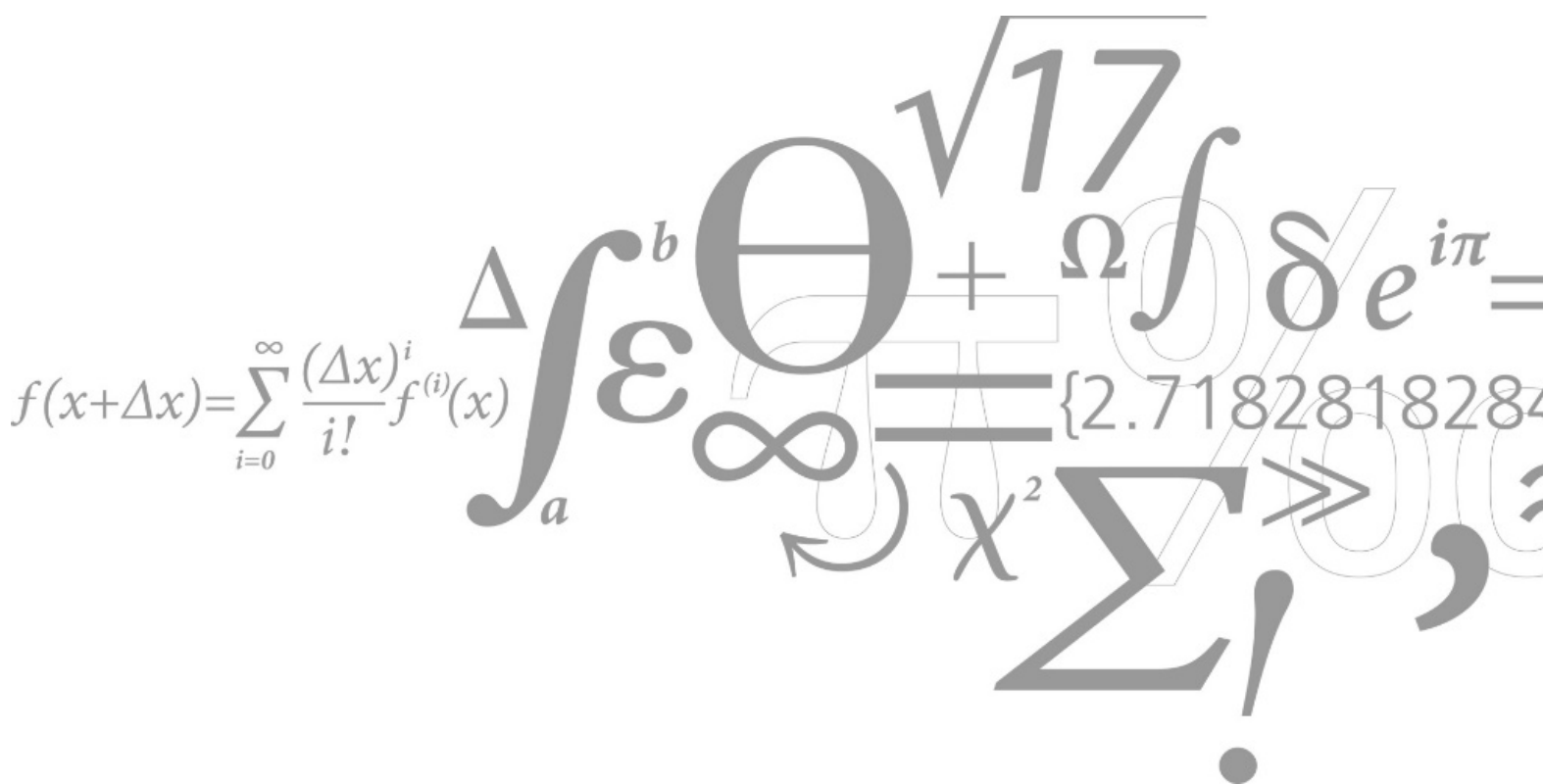




DTU Lyngby lokal koordinatsystem



Version	Beskrivelse	Dato
1.0	Første udgave	01.03.2020

1. Indledning

Da DTU Lyngby blev anlagt i 60'erne blev der defineret et lokalt koordinatsystem, kaldet DTU System, som blev brugt til alle registreringer, kort og tegninger på hele DTU. I dette dokument anvendes DTU-LYN-LOK som betegnelsen for DTU System.

Alle de geografiske oplysninger blev efterfølgende opbevaret og vedligeholdt i DTU-LYN-LOK. Der er derfor en ikke ubetydelig mængde informationer, som er lagret i DTU-LYN-LOK.

Den oprindelige definition af DTU-LYN-LOK er desværre gået tabt.

Bl.a. pga. flere GPS målinger og ønsket om at arbejde med data i andre koordinatsystemer er det blevet nødvendigt at etablere en sammenhæng mellem DTU-LYN-LOK og de nationale koordinat- og højdesystemer.

Dette dokument beskriver hvordan der kan transformeres til og fra DTU-LYN-LOK og UTM, DKTM, System 34 og DVR90.

Dokumentet indledes med resultaterne mens de bagvedliggende beregninger følger derefter.

Bemærk, at der i dette dokument er anvendt "punktum" som decimal separator. Således at 2,34 cm er skrevet som 2.34 cm.

2. DTU Koordinatsystemet

DTU-LYN-LOK er et venstrehåndssystem, dvs. X-aksen er positiv til venstre og y-aksen går op ad. Det er det samme som System 34, mens X-aksens retning er det modsatte af DKTM, UTM og andre matematiske koordinatsystemer. Vinkler angives i DTU-LYN-LOK positivt med uret og solen, dette er identisk med System34, UTM og DKTM.

I praksis betyder det at x koordinater angivet i DTU-LYN-LOK skal ganges med -1, for at de kan anvendes i systemer, som anvender matematiske koordinatsystemer, f.eks. i CAD og GIS.

2.1. Akse retning

I DTU-LYN-LOK er y-aksen lagt parallelt med K. Wintherfeldt Allé og x-aksen langs Anker Engelundsvej. De landsdækkende systemer har Y-aksen liggende i den geografiske nordlig/sydlig retning.

Det betyder, at der er en drejning mellem DTU-LYN-LOK og de landsdækkende koordinatsystemer, se nedenstående tabel.

Fra ⇨ Til	DTU-LYN-LOK ⇨ System34 Sj.	System34 Sj. ⇨ DTU-LYN-LOK	DTU-LYN-LOK ⇨ UTM32	UTM32 ⇨ DTU-LYN-LOK	DTU-LYN-LOK ⇨ DKTM 3	DKTM 3 ⇨ DTU-LYN-LOK
Rotation (θ) (°)	-15.481878253	15.481878253	-14.347193714	14.347193714	-16.622436058	16.622436058
Rotation (gon)	-17.202086948	17.202086948	-15.941326349	15.941326349	-18.469373398	18.469373398

Tabel 1 – Rotation mellem DTU-LYN-LOK og S34s, UTM32 og DKTM3. I grader og gon,

2.2. Nulpunkt

DTU-LYN-LOK's nulpunkt er beliggende midt på DTU (krydset mellem K. Wintherfeldt Allé og Anker Engelundsvej).

DTU Nulpunkt	X	Y
System34 Sjælland ¹	75376.8232	152603.2024
DKTM3 (EPSG 4095)	648393.9081	1184831.1390
UTM32 (EPSG 25832)	720784.9757	6187824.9896

Tabel 2 – Koordinaterne til DTU-LYN-LOK's nulpunkt i System34, DKTM og UTM.

2.3. Skala

Kortprojektioner er en tilnærmede konform plan afbildning af jordens krumme overflade.

Kortprojektionernes målforhold er stedafhængigt og kan være forskellige fra hinanden. Dette betyder, at koordinaterne skal skaleres når de transformeres fra en kortprojektion til en anden.

Fra ⇨ Til	DTU-LOK ⇨ System34 Sj.	System34 Sj. ⇨ DTU-LOK	DTU-LOK ⇨ UTM32	UTM32 ⇨ DTU-LOK	DTU-LOK ⇨ DKTM 3	DKTM 3 ⇨ DTU-LOK
Skala (k)	0.999998694	1.000001304	1.000185832	0.999814201	0.999996553	1.000003445

DTU-LOKs skalering til System34 er meget tæt på 1, hvilket indikerer at DTU-LOK med meget stor sandsynlighed er defineret som en lokal System34 kortprojektion.

3. Transformation til og fra DTU-LYN-LOK

DTU-LYN-LOK består af et plan- og højdesystem. I dette afsnit beskrives hvordan højder i DTU-LYN-LOK kan konverteres til DVR90 og hvordan de plane koordinater i DTU-LYN-LOK kan konverteres til følgende tre landsdækkende koordinatsystemer:

- DKTM/ETRS89. Zone 3 Sjælland. EPSG 4095.
- UTM/ETRS89. Zone 32N. EPSG 25832.
- System34 Sjælland.

¹ System34 er ligesom DTU-LOK et venstrehånds koordinatsystem. Dvs. X-aksen er positiv mod vest.

3.1. Højder i DTU System

Kote angivelser på kort og tegninger, som er angivet til at være i DTU-LYN-LOK er hvis ikke andet er angivet i DTU-LYN-LOK højder.

DTU LOK højdesystemet er defineret som værende identisk med det højdesystem Lyngby-Taarbæk kommune anvendte da DTU blev anlagt. Dette system går under betegnelsen System GM. System GM er udgået og er afløst af DVR90. System GM kan over DNN konverteres til DVR90, konverteringen er baseret på en ikke dokumenteret konvertering mellem System GM og DNN.

Konverteringen mellem System GM og DVR90 har en ukendt nøjagtighed og der findes ingen dokumentation af nøjagtigheden af målingerne af de gamle planer. Nye afsætninger og opmålinger bør derfor tage udgangspunkt i DTU's 1. ordens fikspunktsnet og DVR90.

3.2. Plane koordinater i DTU System

Da definitionen af DTU System er gået tabt er der over to omgange målt i alt 6 punkter fordelt på DTU. Punkterne er målt i både DTU LOK og System 34. Disse 6 punkter er derefter anvendt til at beregne transformationsparametre mellem DTU LOK og de tre mest anvendte danske koordinatsystemer.

Til transformation mellem koordinatsystemerne anvendes 2D Helmert transformation. Helmert transformation af et punkt fra et koordinatsystem (input) til et andet (output) er defineret således:

$$\begin{aligned}E &= a X - b Y + t_x \\ N &= a Y + b X + t_y\end{aligned}$$

Hvor:

- $a = k \cos \theta$ (kaldet "Helmert a " i tabellen)
- $b = k \sin \theta$ (kaldet "Helmert b " i tabellen)
- k = skala. Forholdet mellem afstanden mellem 2 punkter i de to systemer.
- θ = rotationen omkring origo (mod uret er positivt).
- t_x og t_y = Flytningen i X og Y efter skala og rotation
- E og N = koordinater i output koordinatsystemet
- X og Y = koordinater i input koordinatsystemet

Transformationsparametrene for transformation mellem DTU LOK, System 34 Sjælland, UTM/ETRS zone 32 og DKTM zone 3, kan aflæses i nedenstående tabel.

Fra \Rightarrow Til	DTU-LYN-LOK \Rightarrow System34 Sj.	System34 Sj. \Rightarrow DTU-LYN-LOK	DTU-LYN-LOK \Rightarrow UTM32	UTM32 \Rightarrow DTU-LYN-LOK	DTU-LYN-LOK \Rightarrow DKTM 3	DKTM 3 \Rightarrow DTU-LYN-LOK
Skala (k)	0.999998694	1.000001304	1.000185832	0.999814201	0.999996553	1.000003445
Rotation (θ) ($^\circ$)	-15.481878253	15.481878253	-14.347193714	14.347193714	-16.622436058	16.622436058
X flytning (t_x) (m)	-75376.8232	113376.8370	720784.9757	834864.8000	648393.9081	-282361.8371
Y flytning (t_y) (m)	152603.2024	-126945.5445	6187824.9896	-6172300.2163	1184831.1390	-1320804.2437
Helmert a	0.963713670	0.963716185	0.968991989	0.968631949	0.958207327	0.958213931
Helmert b	-0.266933233	0.266933930	-0.247843142	0.247751053	-0.286062622	0.286064594

Tabel 3 - Plan Helmert transformations parametre

Transformationerne har en spredning på ca. 1.9 cm (se afsnit **Error! Reference source not found.**).

Antallet af decimaler på især rotation og skala har stor betydning for nøjagtigheden af transformationen, især når der transformeres til DTU-LYN-LOK.

3.3. Manuel transformation

Parametrene fra Helmert transformationen kan anvendes til en manuel transformation mellem koordinatsystemerne. Dette gøres vha. skalaen, rotationen og translationen (flytning i x, y).

For at den manuelle flytning skal være vellykket skal følgende fremgangsmåde anvendes:

1. Rotation omkring origo (0,0). Rotationen (θ) er angivet med positiv omløbsretning (mod uret) og i grader.
2. Skalér (k) omkring origo (0,0).
3. Flyt. Anvend t_x og t_y .

Det er vigtigt at rotation og skala er med udgangspunkt i 0,0. Desuden er rækkefølgen og antallet af anvendte decimaler vigtig for transformationen.

3.4. Implementering af DTU LOK i CAD og GIS

I flere og flere CAD og GIS programmer er det muligt at definere egne modificerede koordinatsystemer. Dette kan bl.a. gøres ved at definere en transformation ovenpå en eksisterende kort projektion. Der henvises til de enkelte programmets vejledninger.

4. Beregningsgrundlaget

Parametrene til 2D Helmert transformationen er fremkommet ved måling af 6 punkter i henholdsvis DTU LOK og System34. Disse 6 punkter er efterfølgende anvendt som input i beregningen af 2D Helmert transformationsparametrene. Helmert transformations parametrene kan beregnes vha. kun 2 punkter, da der her er 6 punkter til rådighed er parametrene bestemt vha. en udjævning af beregningerne.

4.1. Landmålte punkter

Da DTU (DTH) blev grundlagt blev der etableret en del fikspunkter, som definerede det lokale koordinatsystem (DTU-LYN-LOK). De fleste af disse fikspunkter er med tiden gået tabt.

Tilbage i 2010 målte landinspektørfirmaet Vektor 6 punkter med GPS. Punkterne blev målt vha. RTK og over flere gange, dermed blev målingerne udført ved forskellige GPS konstellationer. Instrumentet var en Leica GPS-1200. Resultatet af målingerne var System 34 koordinater til 6 punkter (se Tabel **4Error! Reference source not found.**).

Vha. genfundne gamle DTH fikspunkter blev de samme 6 punkter indmålt med totalstation i DTU-LYN-LOK, punkterne var tvangscentreret. Koordinaterne til de 6 punkter blev beregnet vha. en netudjævning, hvor de gamle DTH fikspunkters koordinater blev fastholdt. Netudjævningens nøjagtighed på de 6 punkter ligger mellem 3 og 5 mm (0.003 - 0.005 m). Resultatet er koordinater til de 6 punkter i DTU-LYN-LOK (se Tabel 4).



Figur 1

Placering af de 6 landmålte punkter (blå punkter).

NR.	DTU LOK		SYSTEM34		UTM32		DKTM3	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)
6006	-102.2417	-600.0486	75438.4700	151997.6420	720735.3230	6187218.2138	648320.2198	1184226.9272
6007	113.7435	-609.4183	75649.1220	152046.2760	720523.7099	6187262.6750	648110.5780	1184279.7440
6008	84.6150	29.8188	75450.3930	152654.4910	720710.3912	6187874.8200	648321.3739	1184883.8814
6009	-78.8250	15.2747	75296.7730	152596.8710	720865.1510	6187820.2436	648473.8162	1184823.2156
6010	-85.9111	646.4178	75121.4800	153203.2590	721028.4315	6188430.0987	648661.1444	1185425.9929
6011	55.6178	637.6685	75260.2160	153232.5740	720889.1160	6188456.6649	648523.0196	1185458.0633

Tabel 4 - Landmålte punkter

Koordinaterne som er markeret med fed skrift er målt med GPS. Koordinaterne til punkterne i DTU-LYN-LOK (i kursiv) indmålt vha. totalstation ud fra de gamle fikspunkter.

De resterende koordinater er transformeret med udgangspunkt i de landsdækkende koordinater, f.eks. er UTM og DKTM koordinaterne til punkt 6010, fundet ved at transformere System34 koordinaterne. Til transformationen er anvendt KMSTrans2 v.2.1 fra Geodatastyrelsen.

4.2. Beregning af plan Helmert transformationen

Til beregning af Helmert transformationsparametrene for de enkelte transformationer, blev der anvendt en simpel udjævning efter mindste kvadraters metode.

Til udregning af spredning på vægtenheden og middelfejlen (indpasningsspredningen) er anvendt følgende formler²:

Spredning på vægtenheden:

$$\sigma_{0EN} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^f (r_{E_i}^2 + r_{N_i}^2)}{2f - 4}}$$

Middelfejlen (indpasningsspredningen):

$$\sigma_{0EN} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^f (r_{E_i}^2 + r_{N_i}^2)}{f - 2}}$$

Hvor:

r_E er residualen i X – koordinaten

r_N er residualen i Y – koordinaten

f er antallet af fællespunkter

I Tabel 5 ses spredningen og middelfejlen på beregningerne af plan Helmert transformationerne.

Fra ⇒ Til	DTU-LYN-LOK ⇒ System34 Sj.	System34 Sj. ⇒ DTU-LYN-LOK	DTU-LYN-LOK ⇒ UTM32	UTM32 ⇒ DTU-LYN-LOK	DTU-LYN-LOK ⇒ DKTM 3	DKTM 3 ⇒ DTU-LYN-LOK
Spredning	0.01897	0.01897	0.01933	0.01933	0.01905	0.01905
Middelfejl (m)	0.02682	0.02682	0.02734	0.02734	0.02694	0.02694

Tabel 2 - Nøjagtighederne af plan Helmert transformationerne.

² Jensen, Karsten; *Landmåling i Teori og Praksis*. Aalborg Universitet, 2. udgave, 2005. ISBN 87-90893-96-4