

► Figur 3.4 Punkters placering på Jorden eller i rummet over Jorden kan angives i et retvinklet tredimensionalt geocentriske koordinatsystem, X,Y,Z, hvor systemets nulpunkt ligger i Jordens centrum. Z-aksen peger mod Nordpolen og er sammenfaldende med Jordens omdrejningsakse. X-aksen ligger, hvor Greenwich-meridianen skærer Ækvator. Dette system benævnes en referenceramme. Punktets placering kan også angives i et polært koordinatsystem (også kaldet det geografiske koordinatsystem) med en breddegrad, φ , en længdegrad, λ , og en højde, h , over ellipsoiden.

Den **geografiske længde** måles i 360° -systemet (se boks 3.1). Længden angives mellem 0° og 180° vest for Greenwich eller mellem 0° og 180° øst for Greenwich. Længden kan også angives i tidsmål, hvor 1 time = 15° , 1 tidsminut = 15 bueminutter og 1 tidssekund = 15 buesekunder. Tidsmål anvendes til navigation (se boks 3.5) og til beregning af tidszoner.

Planer vinkelret på omdrejningsaksen skærer omdrejningsellipsoiden i cirkler, som benævnes **parallel**er (eller breddekrede). Parallellen gennem Jordens centrum kaldes **Ækvatorplanet**. Et punkt P på omdrejningsellipsoiden angives ved at forlænge normalen til ellipsoiden i punktet til skæring

Boks 3.1 Vinkelmål

Vinkler kan angives og måles i følgende enheder:

1. Cirklen deles i 360° (grader), hver grad deles i $60'$ (minutter), og hvert minut deles i $60''$ (sekunder).
2. Cirklen deles i 360° , og graden decimaldeles i tiendedele, hundredele osv.
3. Cirklen deles i 400 gon, og disse decimaldeles i decigon, centigon og milligon.
4. Cirklen deles i radianer, så en hel cirkel er lig 2π .

Den første metode benyttes til navigation og findes på alle ældre kort.

Den anden metode benyttes i skoler og af geografer.

Den tredje metode benyttes af ingeniører og landinspektører til moderne opmåling.

Den fjerde metode benyttes af matematikere og ved funktionskald i programmeringsprog. Omregning fra den ene vinkelenhed til den anden er en enkel proces, men man kan komme meget galt afsted, hvis man tager fejl af vinklens enhed.

med Ækvatorplanet og måle vinklen mellem normalen og Ækvatorplanet. Denne vinkel benævnes den **geografiske bredde** og angives ofte med det græske bogstav φ . Bredden angives i 360° -systemet mellem 0° og 90° nordlig bredde eller mellem 0° og 90° sydlig bredde.

Ved geografisk længde og bredde angives et punkts placering på en omdrejningsellipsoide. Længde og bredde benyttes til positionsangivelser ved navigation til søs og i luften og ved geodætiske målinger.

Ved måling på jordoverfladen beskrives ud over længden og bredden også højden, h , over ellipsoiden (**ellipsoidehøjden**). Bemærk

at ellipsoidehøjden er målt langs normalen til ellipsoiden og er forskellig fra koten.

Datum

For at kunne beskrive punkters indbyrdes beliggenhed på Jorden må der skabes et geometrisk referencesystem, som beskriver Jordens størrelse og form. Det **geodætiske datum** er en sådan beskrivelse, som angiver Jordens form ved en **omdrejningsellipsoide**, også kaldet **jordellipsoiden** eller **sfæroiden**. Den klassiske definition af et datum opdeles i et **horisontalt datum** og et **vertikalt datum**, hvor de horisontale geografiske koordinater (bredde φ og længde λ) refererer til omdrejningsellipsoiden jf. figur 3.5 defineret ud fra længden af den halve storakse, a og den halve lilleakse, b . **Fladtrykningen**, f , udtrykkes ved $f = (a-b)/a$ eller vha. **excentriciteten**,

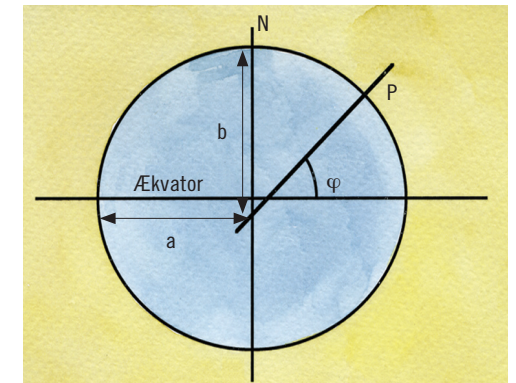
$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$$

Det vertikale datum refererer til en given kote til et valgt fikspunkt. Det vertikale datum er normalt uafhængigt af det horisontale datum (se boks 3.2).

Som et eksempel på en moderne definition af et datum henvises til beskrivelsen af WGS84 på side 57.

Geoiden

Årsagen til, at målinger forskellige steder på Jorden ikke fører frem til den samme omdrejningsellipsoide, er, at Jorden kun med tilnærmelse kan betragtes som en regelmæssig geometrisk figur. Vægtfylden af Jordens masser varierer kraftigt, og den uens fordeling af bjergmassiver og have bevirker, at tyngdelinierne afviger fra normaler til ellipsoiden, jf. figur 3.6. En større samling af tunge bjergarter vil bevirke, at tyngdeli-



► Figur 3.5 Jorden afbildet som ellipse med den halve storakse, a og den halve lilleakse, b . Breddegraden til et punkt P på jordoverfladen angives som vinklen φ mellem normalen til ellipsen i P og Ækvator. Bemærk, at normalen til en ellipse ikke går igennem ellipsens centrum.

Boks 3.2 Datum

Datum er referencegrundlaget for målinger på Jorden. Til et nivellement benyttes et vertikalt datum, som refererer til en middelvandstand og gøres praktisk anvendeligt ved at tildele et fikspunkt en given kote.

Til måling af den plane placering (længde og bredde) benyttes et plant datum, som beskrives ved størrelsen og placeringen af en ellipsoide. De plane datum blev tidligere realiseret ud fra astronomiske målinger. I dag baseres de på GPS-målinger og resulterer i givne koordinater til geodætiske fikspunkter.

nierne konvergerer mod disse, mens tyngdelinierne omkring et område af fx is eller vand vil divergere. De flader, som står vinkelret på tyngdelinierne (fx vandoverflader), vil derfor have buer, som afspejler de uensartede fordelinger af masser, der findes på jordoverfladen. Blandt disse flader er valgt den, som ligger i et niveau defineret ud fra