

MÄTNINGAR I LISEBERGS KANINLAND



I små familjeattraktioner är det ofta lätt att använda telefonen som mätutrustning för att studera rörelse. En solig och varm höstdag passade jag på att göra mätningar i några av barnattraktionerna – Högspänningen, Underlandet och Rabalder – medan Kaninlandet hade smygöppnat redan vecka 40 inför Lisebergs Halloween-säsong. Denna artikel ger exempel på att det kan vara utmanande att tolka grafer även för små attraktioner, som alltså kan vara komplement till upplevelser i de större karusellerna och berg- och dalbanor, där köerna ofta är långa och det inte alltid går att ta med mätutrustning.

Efter 5 år fick vi åter möjlighet att genomföra en fysikdag på Liseberg. Närmare 1000 elever från mer än 20 skolor deltog. De flesta av de deltagande skolorna hade varit med flera gånger tidigare. Vid den klassiska attraktionen Kaffekoppen kunde eleverna låna gradskiva med litet gosedjur i snöre för att undersöka accelerationen under olika delar av rörelsen (bild 1) Den kombinerar två cirkel-

rörelser: Hela plattan roterar medsols ca 8 varv per minut, medan brickorna med vardera tre koppar, roterar 20 varv per minut *relativt* plattan. (bild 2) Hur rör sig en kopp? Rörelsen kan simuleras i kalkylprogram – eller WolframAlpha. (Klistra in parametric plot $(3.55 \cdot \cos(8t) - 1.55 \cdot \cos(-12 \cdot t), 3.55 \cdot \sin(8t) - 1.55 \cdot \sin(-12 \cdot t))$ i rutan och se vad som händer.)

Kaffekoppen ligger i Kaninlandet som öppnade till Lisebergs 90-årsjubileum 2013. Kaffekoppen, Lilla Lots och Hissningen hade då fått sällskap av 8 nya attraktioner och lekplatsen Bus-hållplatsen. Kaninlandet är alltså en hel liten nöjespark: För Lisebergs premiärår 1923 listar Uppslagsverket Lisepedia 12 attraktioner.



Bild 1. Med ett litet gosedjur i snöre kan man också *mäta* (eller i alla fall uppskatta) accelerationen i vändlägena genom att observera vinklenn. Linus Sundberg, doktorand på Göteborgs universitet, Dorotea Blank, Chalmers och Olle Windelius, lärare på Donnergymnasiet vid Kaffekoppen på Liseberg under Fysikdagen 2024.

Bild 2. Vilken form beskriver bäst rörelsen för en person i Kaffekoppen – eller i systerattraktionen Tekopparna på Gröna Lund? Var åker man snabbast och var åker man långsammast? Och hur känns det under olika delar av turen.

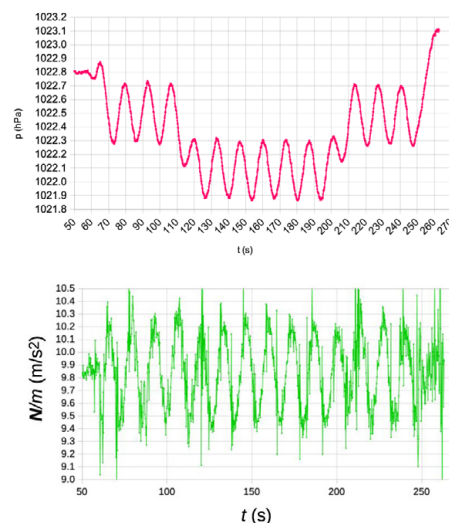


Bild 3 (vänster) Högspänningen på Liseberg

Bild 4+5 (ovan). Lufttryck under en tur i Högspänningen, Accelerometerdata för Högspänningen.

Högspänningen

Högspänningen (bild 3) var en av de åtta nya attraktionerna när Kaninlandet öppnade 2013. I Högspänningen rör man sig i en cirkel i ett vertikalplan och cirkelns centrum flyttas först upp under turen och sedan ner igen. Lugna attraktioner har den stora fördelen att det är lätt att

placera telefonen med axlarna korrekt orienterade, vilket underlättar tolkning av de data som samlas in.

Med hjälp av data för lufttryck (bild 4) kan man uppskatta radien, R , i cirkeln. (Luftens densitet denna oktoberdag kan uppskattas till $\rho \approx 1,22 \text{ kg/m}^3$). Grafen

ger också en uppskattning av tiden, T , för ett varv, vilket i sin tur ger ett värde för farten, v , i cirkelrörelsen som kan sättas in i formeln för centripetalacceleration (v^2/R) och jämföras med uppmätta värden för N/m , där N är normalkraften från stolen och m är massan (bild 5).

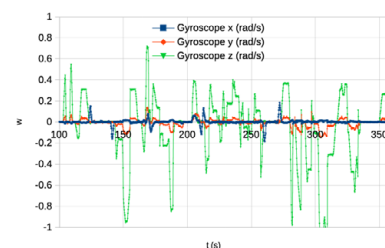
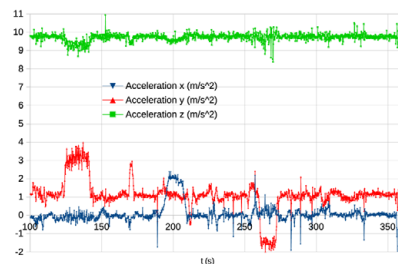
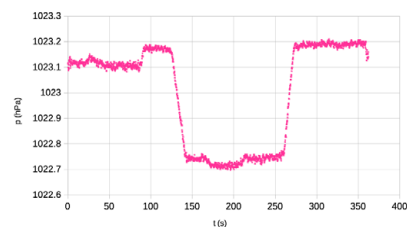


Bild 6 (vänster). Ingången till Underlandet

Bild 7-9 (ovan). Grafer: Lufttryck, accelerometerdata och rotationsdata.

Underlandet

Underlandet stod klart att öppnas till Lisebergs vårpreniär 2020, men fick på grund av pandemin inte öppna förrän i juni 2021. När man kommit in i huset och slingrat sig igenom kön kommer man så småningom in i en hiss. Hur långt ner åker man för att komma till Underlandet? Vi känner förstås skakningarna när hissen startar och bromsar, men enligt Newtons första lag känner vi ju inte rörelse även om vi ser våningarna åka förbi utanför fönstren (se film på Lisebergs sida om Underlandet, eller

direkt på youtu.be/yqZzOGCR7E4). En lufttrycksmätning kan ge ledtrådar, men vi sparar något för läsaren att upptäcka på plats!

Graferna (bild 7-9) visar bara mätning av själva turen runt i Underlandet. Telefonen låg på sätet bredvid, med x-axeln åt höger, y-axeln framåt och z-axeln upp från sätet. Det som betecknas "acceleration" är egentligen vektorn $\mathbf{a} - \mathbf{g}$ uppmätt i telefonens koordinatsystem (dvs G-kraft, ofta uttryckt i enheten g). Positiva rotationer runt dessa axlar kan beskrivas som baklänges kullerbytta, att hjula

åt höger eller göra en piruett åt vänster. Inom flyg används termerna tippa, rolla och gira (pitch, roll, yaw).

Efter en vänstersväng (positiv rotation runt z-axeln) åker vagnen sakta upp för en backe. Hur avspeglas det i graferna för lufttryck, accelerometerdata och rotation runt x-axeln? Vad händer när man kommit till slutet av backen? Rörelsen i uppførsbacken är analog med vad som händer i en rulltrappa (se artikeln i LMNT-nytt 2020:2, s 31-34, som dock använde ett koordinatsystem med x-axeln framåt och y-axeln åt vänster).

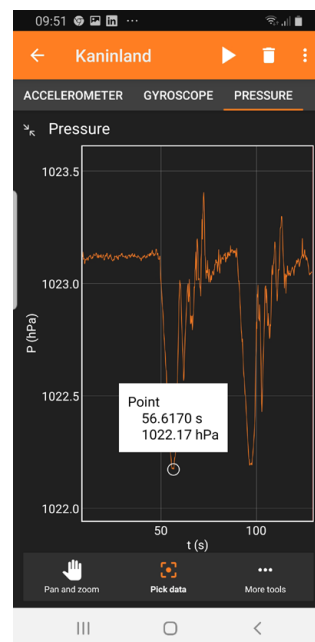


Bild 10. (vänster) Den lilla berg- och dalbanan Rabalder som ersatte Cirkusexpressen 2009.

Bild 11. (ovan) Lufttrycksvariationer under en tur i Rabalder uppmätta med appen phyphox.

Rabalder

I Rabalder (bild 10), liksom i större attraktioner, måste telefonen ligga i stängd ficka. Det tog mig tre försök att få användbara data (Under den första turen råkade jag stänga telefonen, efter den andra turen missade jag att spara resultaten.)

Både accelerometer- och rotationsdata är väldigt brusiga. (Åkturen är betydligt mer skakig än i stora moderna berg- och dalbanor.) Därför presenteras här bara lufttrycksvariationerna, med skärmlapp direkt från appen (bild: 11). Det syns att man åker två gånger runt spåret. Hur högt är "Uppdraget" som tar tåget från stationen upp till högsta punkten? Genom funktionen "Pick data" kan vi få fram att lufttrycket minskar ungefär 93 Pa under "uppdraget". Stämmer denna tryckskillnad med höjddangivelsen 9 m på Lisebergs egen sida om Rabalder? (Enligt ritningen ligger stationen på 1,2 m höjd.)

Studsmatta

Krafterna i barnattraktionerna är mindre än i stora åkattraktioner. I Loke, Helix, Valkyria, Balder och AtmosFear får man uppleva mer än 4g, dvs man känner sig mer än 4 gånger så tung som vanligt. Lite överraskande är att den som hoppar på den lilla studsmattan på Kaninlandets lekplats Bushällplatsen (bild 12) faktiskt kan komma upp i 7g – mer än de högst 6g som är tillåtna i åkattraktioner. Krafterna kan åskådliggöras med en liten slinky, eller mätas med telefonen. Studsmatthopp analyseras i detalj i en artikel *Studsmattematte* i tidningen Nämnaren från NCM.

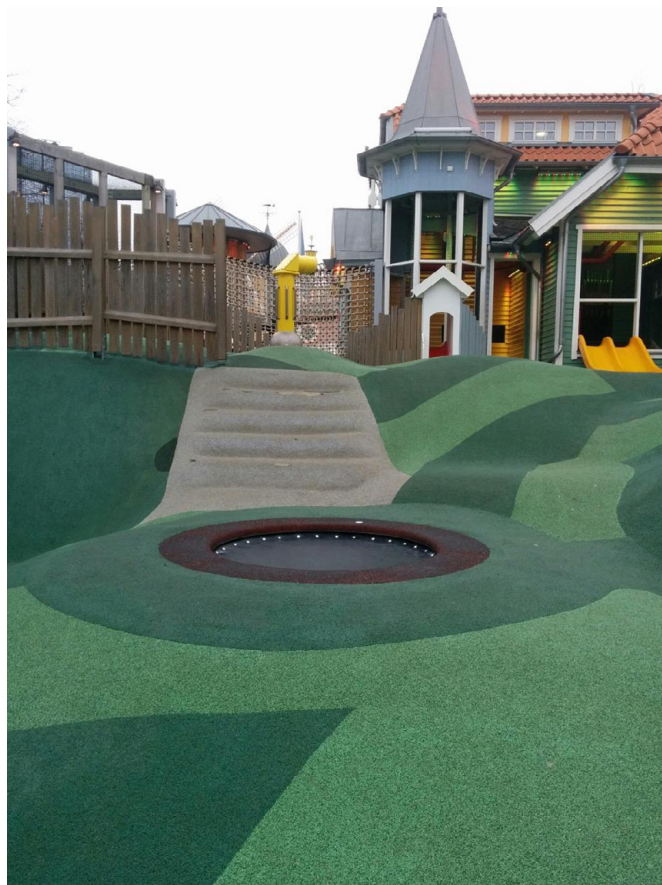


Bild 12: Den lilla studsmattan på Bushällplatsen i Kaninlandet.

Från specialiserad utrustning till app i mobiltelefonen

För två decennier sedan genomförde vi en mätning av G-krafter och rotation i berg- och dalbanan Balder – med stängd park och ett par personer på plats för att montera IMEGO:s sensor Beowulf i en vagn och sköta datorn som kontrollerade den (resultat finns på Balder-sidan på tivoli.fysik.org/liseberg). Nu kan man alltså själv göra motsvarande mätningar med telefonen och få intressanta data att analysera även om man inte alltid får ta med sig utrustning i de stora attraktionerna. Bild 13 visar de olika stegen för att förbereda mätning i appen Phyphox och ta hand om resultaten.

Ladda ner appen från phyphox.org. Även om nöjesparkerna är stängda eller för långt bort finns det transporter till och från skolan, trappor och hissar, och lekplatser med gungor och kan-ske studsmattor. Fysiken fungerar även utanför klassrummet!

Ann-Marie Pendrill, prof. em,
Lunds och Göteborgs universitet
Ann-Marie@lmnt.org

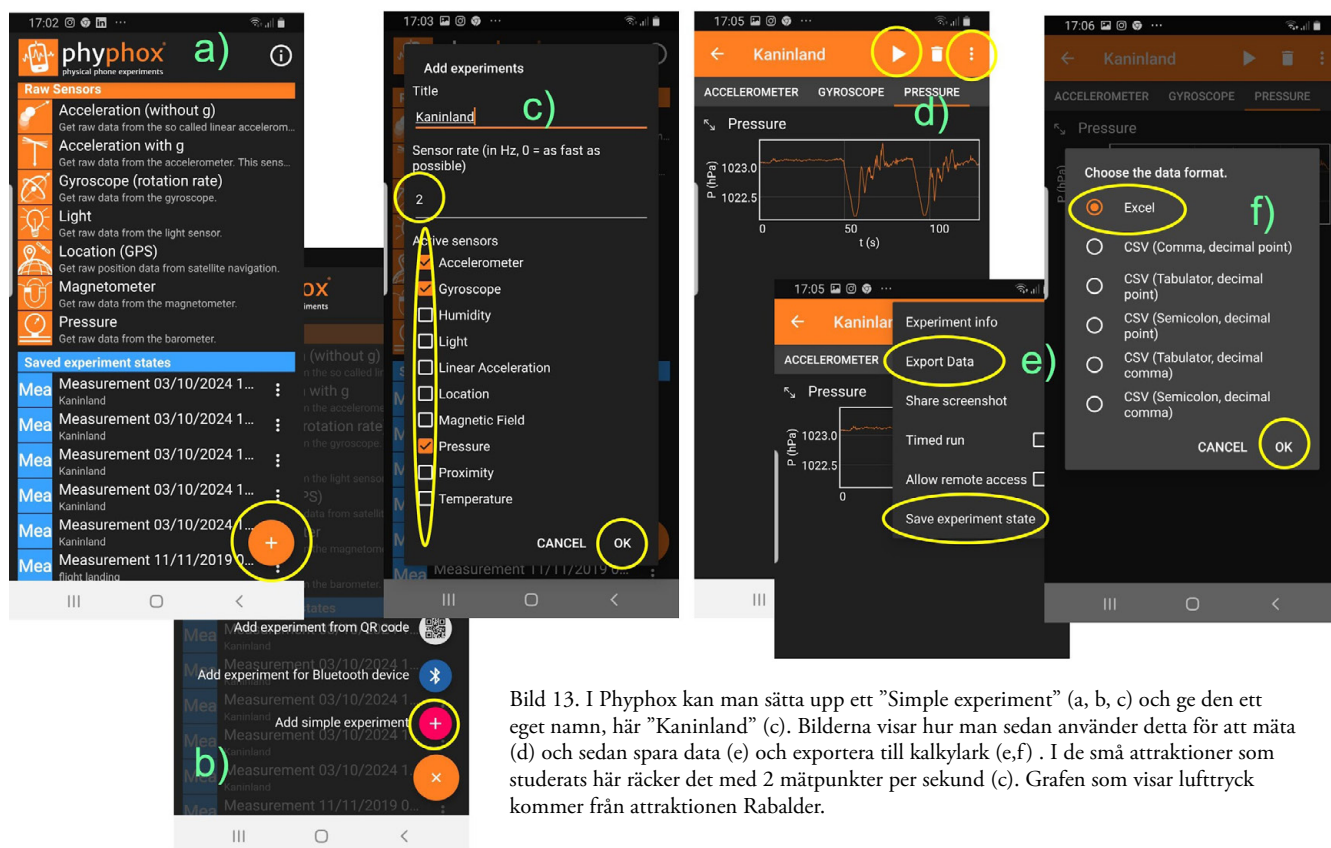


Bild 13. I Phyphox kan man sätta upp ett "Simple experiment" (a, b, c) och ge den ett eget namn, här "Kaninland" (c). Bilderna visar hur man sedan använder detta för att mäta (d) och sedan spara data (e) och exportera till kalkylark (e,f). I de små attraktioner som studerats här räcker det med 2 mättpunkter per sekund (c). Grafen som visar lufttryck kommer från attraktionen Rabalder.

