

Helix på Liseberg: En berg- och dalbana växer fram



Bild 1: En webkamerabild 12 februari över Liseberg i morgonsol. Framför Lisebergstornet till höger syns en del av korkskruven (K) efter den första utskjutningen (L). Till vänster syns den andra accelerationszonen (L), övertäckt för att underlätta kabeldragningar och andra delar av bygget, inklusive den "Top hat" som skall finnas strax efteråt. Över Lisebergbanans uppdrag syns den enorma andra "airtime"-puckeln (A).

I oktober 2012 lanserades "Projekt Helix" på Liseberg - en ny stor berg- och dalbana inför vårpreniären 2014 på Liseberg [1]. Den klassiska Lisebergbanan från 1987, som sägs ha varit designern Anton Schwarzkopfs personliga favorit [2], får nu sällskap på berget av en något längre bana, med många nya element och exempel på ny teknik.

Medan Lisebergbanan är en klassisk bana som börjar med ett "uppdrag", där kedjan drar tåget upp till högsta punkten (från 20m höjd till 65m), så börjar Helix relativt högt upp (47.5m), rullar ut från stationen och hinner med ett par svängar och några "g" innan det efter 156 m är dags för den första av de två "accelerationszonerna", där elektromagneter i spåret växelverkar med starka magneter på vagnarna och tillför energi. Den första accelerationszonen är 44.6 m lång, lutar 7.2° uppåt, slutar på höjden 36.7 m och ger tåget en fart 21.3 m/s.

Efter en korkskruv, några pucklar, en kringleloop ("Pretzel") och en dykning in i en helix som går så lågt som 18.9 m är det dags för den andra avfyrningen, som är 69.5 m lång, lutar 9.7° , slutar på höjden 42.4 m och ger tåget en fart 23.5 m/s. Tåget går sedan upp i en inverterad "Top Hat", fortsätter med en puckel där man bli tyngdlös, några slalom-inspirerade S-kurvor och en avslutande hjärtlinje-rullning in i magnetbromsarna som ger tåget en mjuk, säker inbromsning.

Även om ingen ännu har fått åka Helix, så går det att få veta mer om hastighet och acceleration under åkturen. Till min hjälp har jag fått lov att använda en ritning med höjdkurva för Helix, som också innehåller uppgift om spårlängd för olika segment och lutning framåt/bakåt och i sidled.

Energiomvandlingar i berg- och dalbanor:

Berg- och dalbanor används ofta i läroböcker som exempel på omvandling mellan lägesenergi och rörelseenergi. I klassiska berg- och dalbanor som Lisebergbanan tillförs energin från början i form av lägesenergi. I Kanonen från 2005 accelereras tåget i stället ut i starten, "från 0-70km/h på mindre än 2 sekunder", med hjälp av hydraulik [3]. Den rörelseenergi tåget får där räcker för att tåget skall kunna åka över spårets högsta punkt och sedan vidare genom pucklar, loop, hårnålskurva och hjärtlinjerullning in i den avslutande magnetbromsen. Helix kombinerar en hög potentiell energi i början, genom stationens läge, och energi tillförs sedan vid de två accelerationszonerna med tekniken LSM - Linjär synkronmotor. [4].

Genom att använda energiprincipen och försumma förluster kan man räkna ut tågets fart i olika delar av banan.

- I en bana med accelerationszoner kan det vara intressant att räkna ut en tänkt starthöjd: Hur högt skulle tåget kunna gå efter den första utskjutningen?
- Hur fort går tåget i den högsta punkten (56.7m) och lägsta punkten (18.9m) mellan de två accelerationszonerna?
- Hur högt skulle tåget kunna gå efter den andra utskjutningen?
- Hur fort går det i högsta punkten (68.0m) och lägsta punkten (31.3m) efter den andra utskjutningen?
- Vilken fart har tåget när det kommer fram till bromsen, som börjar på 51m höjd.

Naturligtvis kommer tåget att förlora energi under turen. Berg- och dalbanedesignern Werner Stengel har berättat att man brukar räkna med 2-4 cm höjdförlust per meter spår. Hur ändras den beräknade farten före inbromsningen om man tar hänsyn till detta?



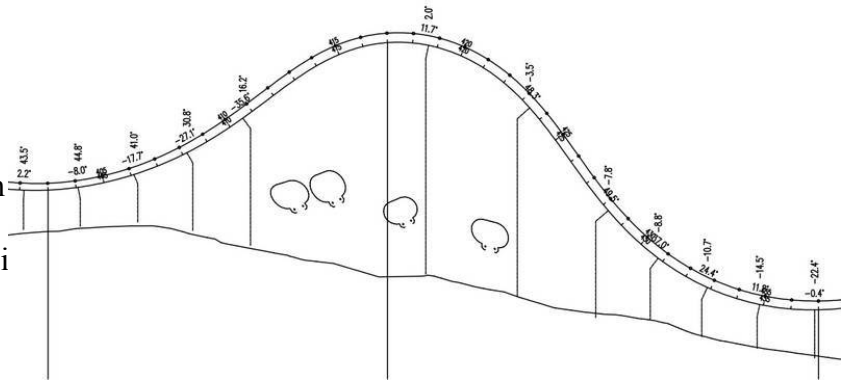
Bild 2: Delar av Helix i november 2013. Korkskruv och lång "airtime"-puckel.

Tyngdlöshet i inbyggda parabelflygningar.

Vid inspelningen av filmen 2001 användes parabelflygningar för avsnitt som utspelas i tyngdlöshet. Flygplanet rör sig då på samma sätt som om det skulle befunnit sig i fritt fall, även om motorena

måste användas kompensera luftmotstånd, och naturligtvis för att få planet att gå tillbaka uppåt igen efter fallet [5].

Tre gånger under Helix-turen kommer man att uppleva "airtime", där man knappt påverkas av någon kraft från tåget. Under en kort stund befinner man sig alltså i fritt fall, och är nästan tyngdlös, på samma sätt som astronauter i omloppsbanan eller i "zero-g flights". Bild 2 visar en lång båge där tåget åker från vänster till höger (markerat med A i Bild 1).



Kommer man att vara tyngdlös där? Genom att använda data från utskjutning och ritning kan vi göra en uppskattning:

Den översta spårdelen mellan stolparna är här 14.6 m lång. Den börjar där spåret lutar 21.5° uppåt och slutar där spåret lutar 4.8° nedåt.

- Använd vinkelskillnaden och spårlängden för att krökningsradien.
- Hur fort går tåget över högsta punkten som ligger på 46.4 m?
- Kombinera farten med krökningsradien för att beräkna centripetalaccelerationen i högsta punkten.
- Rita ett frikroppsdiagram (kraftfigur) för en person i tåget.
- Hur stor blir kraften från tåget på personen? I vilken riktning verkar kraften?

På sidan <http://tivoli.fysik.org/liseberg/attraktioner/helix/> finns fler exempel på uppgifter med anknytning till Helix, som kommer att kompletteras med foton, filmer och mätningar när den äntligen har öppnat.

Sju inversioner

Sju gånger under turen kommer man att vara upp och ned i "inversioner". En av dem är den "inverterade top hat" som kommer direkt (ca 30 m) efter den andra utskjutningen. Bild 3 visar en bild av den precis färdigmonterade Top Hat och en del av ritningen för detta element.

Över högsta punkten i Top Hat (68.1m) färdas tåget ca 13.1 m medan spårets lutning uppåt går från 62° uppförsbacke till 54° nedförsbacke. Om man approximerar spåret med en cirkelbåge kan man uppskatta krökningsradien till 6.5 m. En första uppskattning av farten ger 6.8m/s, vilket ger en nedåtriktad centripetalacceleration $0.7g$. Vilka krafter verkar på en person med massa, m , som passerar toppen? (Rita kraftfigur!)

I beräkningen har vi då försummat energiförluster, men också och att tåget faktiskt ligger under spåret i denna del. Hur påverkas de förväntade krafterna om man tar hänsyn till dessa effekter? Spelar det någon roll var i tåget man sitter? [6]

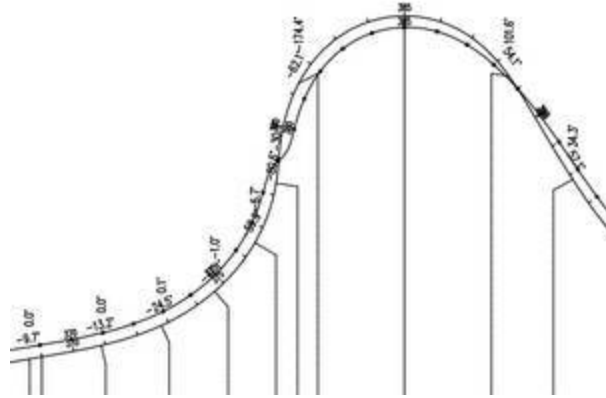


Bild 3: Montering av den sista delen av Top Hat (foto Liseberg) och ritningsdetalj för denna del av banan.

Inbromsning med Lenz lag.

Magneterna på tågets vagnar, som användes för LSM-accelerationerna, ger också den bromskraft som behövs för att stanna tåget i banans slut. På spåret sitter stora mässingsplattor, där bromsarna inducerar virvelströmmar som motverkar orsaken till sin egen uppkomst. Ju snabbare tåget åker, desto starkare blir bromskraften. Kraften ökar också efterhand som en större del magneterna passerar förbi bromssvärden. I artikeln "Stopping a roller coaster train" analyseras inbromsningen av tåget i Kanonen. Man kan börja med en enkel matematisk modell och skriva accelerationen som, $a = -k v s$, där v är farten, s är sträckan som magneterna och bromssvärd är intill varandra, och proportionalitetskonstanten k beror på tågets massa, bromsarnas geometri och materialet i bromssvärden. Minustecknet anger att det är en inbromsning, så att acceleration och hastighet har motsatta tecken. Denna ekvation kan faktiskt lösas analytiskt [7], men kan också ge bra tillfälle att träna simulering. Med numerisk lösning kan man också ta hänsyn till spårlutningen, 4.5° framåt och eventuellt att bromsarna tar slut innan tåget stannar.

Förväntningar inför öppningen

Sedan lanseringen har entusiaster på olika sätt kunnat följa bygget. Bloggen ProjektHelix.se [1] har uppdaterats sedan lanseringen, och naturligtvis har Lisebergs facebook-sida berättat om viktiga uppdateringar. På bloggen finns en kort film över själva åkturen och en längre lanseringsfilm. När berg- och dalbanan Kanonen byggdes 2005 kunde man följa bygget på en web-kamera. Under Helix-bygget finns hela tre webkameror som visar olika delar av bygget och parken. En vagn stod också utställd i parken under sommaren - och i Nordstan under julhandeln.

Under julöppet 2013 kunde man se många element växa fram och se spåren sluta i luften (Bild 2): Intresset är stort: Den Inofficiella ProjektHelix-sidan på facebook "gillas" av närmare 1500 personer och när Liseberg i februari bjöd till visning av bygget anmälde sig 800 personer på några dagar, men bara drygt 200 fick plats. Bloggen har haft en kvarts miljon unika besökare - och erbjuder nu också en virtuell rundtur för alla som inte hade möjlighet att vara med. Dagen efter monteringen av Top Hat presenterade Liseberg en film av denna spektakulära del av förberedelserna för premiären 2014 [8].

Snart kan vi få åka på riktigt och veta hur det känns! I nästa nummer av LMNT-nytt kan vi presentera mätdata och fler exempel.

Fysik i berg- och dalbanor och andra åkattraktioner kan du och din klass få uppleva t.ex. på Edutainmentdag 11 september på Gröna Lund och Fysikdag 12 september på Liseberg. Läs mer på tivoli.fysik.org

Ann-Marie Pendrill
Föreståndare för Nationellt resurscentrum för fysik
Ann-Marie.Pendrill@fysik.lu.se

Referenser:

1. Projekt Helix, <http://projekthelix.se> och <http://projekthelix.se/helix-element/>
2. Lisebergbanan, <http://schwarzkopf-coaster.net/ESlisebergbananGF.htm>
3. Kanonen- great fire power at Liseberg, http://www.coastersandmore.de/rides/kanonen/kanonen_eng.shtml och Xcelerator - Intamins Accelerator Coaster Premiere, <http://www.coastersandmore.de/rides/xcel/xcelerator.shtml>
4. LIM und LSM - Linear Induktions Motor und Linear Synchron Motor http://www.coastersandmore.de/rides/lim/lim_lsm.shtml
5. Se t.ex. http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Research/Experience_weightlessness_on_board_the_Zero-G_Airbus
6. "Fram mitten eller bak - var ska man sitta?" LMNT-nytt, nr 2 2013, se också Student investigations of forces in a roller coaster loop, Pendrill A-M (2013), European Journal of Physics, 34 1379
7. Stopping a roller coaster train, Pendrill A-M, Karlsteen, M and Rödjegård, H (2012), Physics Education 47 (6), 728
8. Liseberg's Helix gets a Top Hat, <https://www.youtube.com/watch?v=rQkhcdxd4M8>