

Planet Simtech

10.03.2018

**OLYMPISCHE WINTERSPIELE IM
SOMMERLICHEN STUTTGART**

Team 360

Einleitung

Durch die Verlegung einiger sportlicher Großereignisse wie der 2022 in Qatar im Winter stattfindenden Fußball-WM wurde beschlossen, dass die Olympischen Winterspiele 2026 im Sommer ausgetragen werden sollen.

Das Land Baden- Württemberg hat sich um die Teilnahme beworben und muss nun zeigen, dass und wie sie die Wettbewerbe ausrichten würden.

Dies soll am Beispiel des Langlaufs, einer Kerndisziplin der olympischen Winterspiele, dargestellt werden. Hierbei sollte man bei der Planung beachten, dass die Disziplinen tagsüber und unter freiem Himmel ausgetragen werden sollen, um eine möglichst hohe Zuschauerzahl anzulocken.

Auch ist es das Ziel der Planungen, möglichst geringe Energiemengen für den Aufbau und die Erhaltung der Strecke für die Dauer des Wettbewerbs aufwenden zu müssen.

Im folgenden Skript finden sich Überlegungen zu dem hier Aufgeführten.

Zusammenfassung

Um das Problem in Angriff zu nehmen, haben wir zuerst überlegt, welche Aspekte uns abschließend zur Lösung führen können.

So beschäftigten wir uns als erstes mit den Anforderungen an die zu erstellende Langlaufstrecke, festgelegt durch die FIS.

Mit diesen Informationen erstellten wir ein Profil der Strecke, um die Maßnahmen festzustellen, die ergriffen werden müssen, damit die geplante Strecke den Regularien entspricht.

Arbeitsteilig recherchierten wir zugleich die Möglichkeiten, bei sommerlichen Temperaturen Schnee zu erzeugen.

Als wir die für uns überzeugendste Methode gefunden hatten, befassten wir uns mit der Menge an Schnee, die benötigt wird, um einen Wettkampf abhalten zu können.

Danach nahmen wir die möglichst ökonomische Planung der Disziplinen in Angriff, da man diese möglichst schnell austragen sollte, um eine häufigere und längere Präparation zu vermeiden und somit Kosten und Energie zu sparen.

Dazu konzipierten wir mögliche Streckenentwürfe für den Campus der Uni Stuttgart mithilfe von Google Maps, angepasst an die unterschiedlichen Anforderungen der Disziplinen und die an und um den Campus gegebenen Möglichkeiten.

Mit der nun bekannten zu präparierenden Streckenlänge konnten die Geld- und Energiekosten näherungsweise bestimmt werden.

Abschließend beantworteten wir die Frage des minimalen Energiebedarfs mithilfe von repräsentativen Vergleichswerten, anhand von Werten aus z.B. anderen Skigebieten.

Hauptteil

Wettkämpfe

Während der olympischen Spiele finden auf den Langlaufstrecken Wettbewerbe im Langlauf, in der Nordischen Kombination und im Biathlon statt. Zudem sind die Wettbewerbe im Langlauf in klassische Technik, Freistil und Skiathlon, welcher beide Elemente beinhaltet zu unterscheiden. Dies ist entscheidend für die zeitliche Aufteilung der Wettbewerbe auf die olympischen Spiele, da die Strecken je nach Wettbewerb anders präpariert werden müssen.

Die olympischen Disziplinen im Langlauf und in der Nordischen Kombination bestehen aus:

- 50 km klassisch (Männer)
- 30 km klassisch (Frauen)
- 4 x 5 km Staffel, klassisch (Frauen)
- 4 x 10 km Staffel, klassisch (Männer)
- 7,5 + 7,5 km Skiathlon (Frauen)
- 15 + 15 km Skiathlon (Männer)
- 1,5 km Sprint (Männer/Frauen)
- 10 km Freistil (Frauen)
- 15 km Freistil (Männer)
- 4 x 5 km Staffel, Freistil (Frauen)
- 4 x 10 km Staffel, Freistil (Männer)
- 4 x 5 km Staffel, Freistil, Nordische Kombination (Männer)
- 10 km Freistil, Nordische Kombination, Normalschanze (Männer)
- 10 km Freistil, Nordische Kombination, Großschanze (Männer)

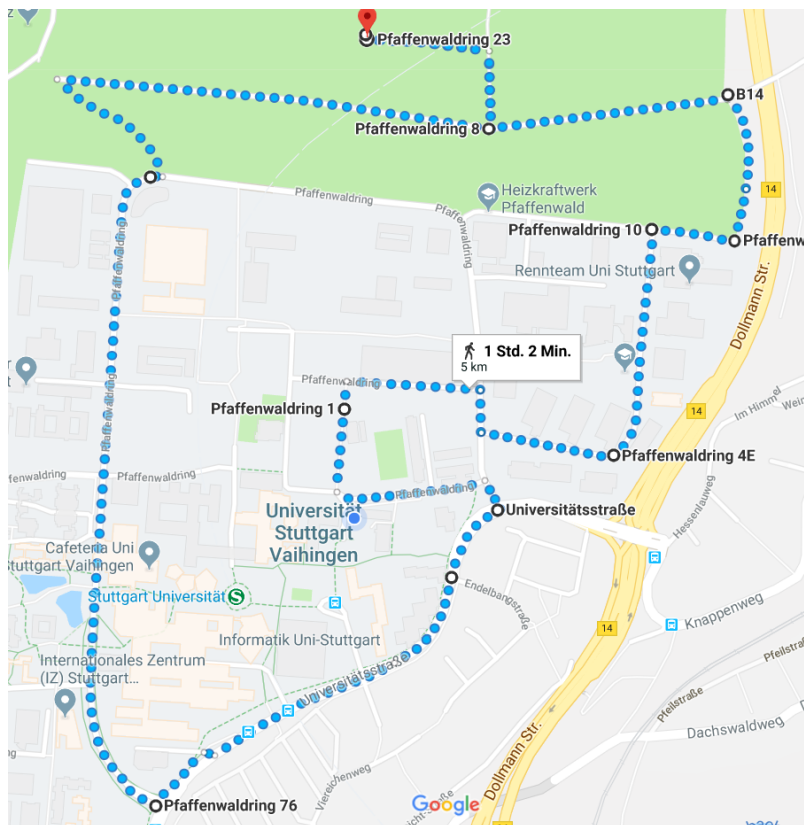
Aufgrund auftretender Schwierigkeiten bei Präparation und Erhaltung der Langlaufstrecke ist es erstrebenswert, die Wettbewerbe in möglichst kompakten Blöcken abzuhalten, um sie schnell durchführen zu können und trotzdem möglichst lange Präparierungspausen zu ermöglichen. Dabei muss man jedoch auch beachten, dass die verschiedenen Wettbewerbe zum Teil ein sich überschneidendes Teilnehmerfeld, weshalb die Termine mit Rücksicht auf die Erholung der Athleten gesetzt werden. Letztendlich arbeiteten wir dann folgende Blöcke heraus:

Block 1	50km	klassisch	Männer
	30km	klassisch	Frauen
Block2	4 x 5km Staffel	klassisch	Frauen
	4 x 10km Staffel	klassisch	Männer
Block 3	Sprint	klassisch	Männer/Frauen
Block 4	Teamsprint	klassisch	Männer/Frauen
Block 5	Skiathlon	klassisch/Freistil	Männer/Frauen
	10km Nord. Komb.	Freistil, Normalschanze	Männer
Block 6	10km Nord. Komb.	Freistil, Großschanze	Männer
Block 7	4 x 5km Nord. Komb., Staffel	Freistil, Großschanze	Männer

Es bietet sich an, an den Tagen mit mehreren Wettkämpfen, Präparierungs-Pausen zwischen den Wettkämpfen anzusetzen, da die Strecke unter sommerlichen Temperaturen erheblich leiden wird.

Strecke

Aus Effizienzgründen wurde eine 5 km lange Grundstrecke designed, die für die verschiedenen Disziplinen umpräpariert und in kleinere Teilstücke geteilt wird.



Grundstrecke (Bildquelle 1)

Zuerst wird diese Strecke klassisch präpariert, um die dementsprechenden Disziplinen an den ersten beiden Wettkampftagen austragen zu können. Zusätzlich hierzu wird die Sprintstrecke genutzt, deren sie nutzenden Wettkämpfe am dritten und vierten Wettkampftag stattfinden.

Nach Beendigung der klassischen Wettkämpfe erfolgt eine Umpräparierung von Teilen der Grundstrecke und der neuen Teilstrecken (Länge jeweils 2,5 km)

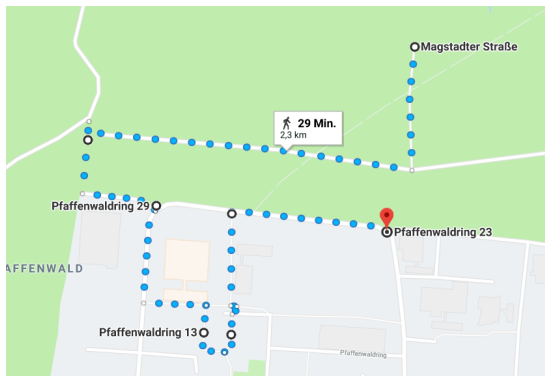
Teilstrecke 1 wird klassisch präpariert, Teilstrecke 2 wird im Freistil angelegt. Nun findet Skiathlon statt, der beide Teilstrecken in Anspruch nimmt, gemeinsam mit Nordischer Kombination auf der im Freistil präparierten Grundstrecke.

Die nachfolgenden Disziplinen finden ebenfalls auf der Grundstrecke statt.

Nach diesem Plan werden Teilabschnitte der Sprintstrecke nur an zwei Tagen benötigt,



Sprintstrecke (Bildquelle 2)



(a) Teilstrecke 1 (Bildquelle 3)



(b) Teilstrecke 2 (Bildquelle 4)

wodurch man an den restlichen Tagen 600m Pistenpräparation sparen kann.

Die Teilstrecken 1 und 2 werden nur am fünften Wettkampftag genutzt. Somit entsteht eine Einsparung von insgesamt 1,75 km an den restlichen Tagen.

Die teilweisen Einsparungen entstehen durch partielle Überlappung der einzelnen Strecken.

Es ist auch zu erwähnen, dass die Grundstrecke an allen Wettkampftagen präpariert wird, da es sich schlichtweg nicht lohnt, sie ab- und wieder aufzubauen, wenn ihre Nutzung für eine Disziplin benötigt wird.

Zusätzlich wäre eine Biathlonstrecke mit Schießstand (90 m*50 m) und Strafrunde (Länge: 150m) nötig, um jedwede Disziplin anbieten zu können. Diese Strecke müsste in verschiedene Längen (2 km; 2,5 km; 6 km; 7,5 km; 10 km; 12,5 km; 15 km ; 20 km) aufteilbar sein, um sowohl die Rundenlänge der jeweiligen Disziplin als auch die Anzahl der zugehörigen Schießrunden zu berücksichtigen. Außerdem müsste man für den Schießstand eine Genehmigung einholen, um dort schießen zu dürfen.

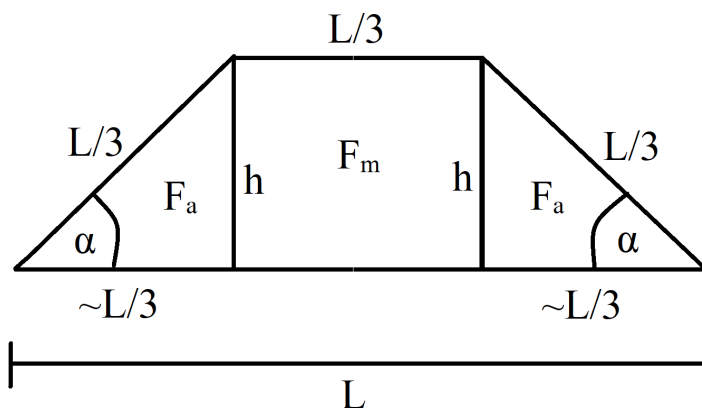
Strecken-Gestaltung

Gemäß den Regeln der Langlauf-Wettkampfordnung muss für die Strecke folgendes gelten:

Im Prinzip sollen die Skilanglaufstrecken bestehen aus:

- einem Drittel definierter Anstiege mit einer Steigung zwischen 9% und 18% mit Höhenunterschieden über 10 Metern [...]
- einem Drittel wellig kupertem Gelände, die Geländebeschaffenheit mit Anstiegen und Abfahrten nutzend [...]
- einem Drittel verschiedenartiger Abfahrten, die vielseitige Abfahrtstechniken erfordern.

Als Fundament für die Strecke soll ein Schüttgut dienen. Im Folgenden wird das ungefähre erforderliche Volumen für das Fundament berechnet. Wir vereinfachen die Kriterien etwas. Außerdem stelle man sich die in der Realität zwar oft alternierenden Streckenabschnitte zur Anschauung nach Sorte angeordnet vor. Als durchschnittliche Steigung in den Anstiegsbereichen verwenden wir 13,5%. Das ergibt also einen Steigungswinkel $\alpha = 7,69^\circ$. Für die Abfahrtsabschnitte verfahren wir genau so. Die Streckenlänge sei L .



Obwohl die Ankathete nicht genau die Länge $\frac{1}{3}L$ hat, so ist der Unterschied bei so einem geringen Winkel absolut zu vernachlässigen. Das "mittlere" Drittel, das leichte Höhenunterschiede besitzt, vereinfachen wir mit der durchschnittlichen Höhe h . Es gilt:

$$h = \sin \alpha \cdot \frac{1}{3}L$$

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot h \cdot \frac{1}{3}L = \frac{1}{2} \sin \alpha \cdot \frac{1}{3}L \cdot \frac{1}{3}L = 0,00743L^2$$

$$F_m = \frac{1}{3}L \cdot h = 0,0149L^2$$

Davon ausgehend, dass ebene Strecken $6m$ breit sind und die anderen Streckenabschnitte $8m$ breit sind, ergibt sich die folgende Formel für das benötigte Volumen an Schüttgut.

$$V = 2 \cdot 8m \cdot 0,00743L^2 + 6m \cdot 0,0149L^2 = 0,208m \cdot L^2$$

Die Streckenlänge beträgt $L = 7150m$, also $V = 0,208m \cdot 51122500m^2 = 10633480^3$
Man kann einen Preis von 2,50 Euro pro Kubikmeter Erde annehmen.

Schnee

Die Problemstellung war folgende:

Wie stellen wir sicher, dass eine x km lange Strecke durchgängig beschneit ist für die Dauer der Olympischen Spiele.

Die herkömmlichen Beschneimethoden fallen fast alle als Möglichkeit zur praktischen Verwendung in unserem Fall weg, da für normale Schneekanonen eine Temperatur unter 0°C zum Funktionieren nötig ist. Eine mögliche Lösung wäre eine sog. Snowfactory (zu deutsch Schneefabrik), welche mithilfe eines Vakuums Scherbeneis erzeugt, unabhängig von der Außentemperatur. Der Hersteller behauptet, dass das erzeugte Eis an die Qualität von Firneis heranreicht und sich außerdem nach mehreren Wintersportprofis sehr gut zum Skifahren eignet. Dieses erzeugte Scherbeneis hat eine Temperatur von -5°C , hält somit länger als normaler Schnee. Da das Scherbeneis bei Normaltemperaturen einige Zeit liegenbleibt, kam uns die Idee, dieses als feste Basis zu nutzen, und eine weitere Schicht aus Neuschnee darüberzulegen. Diese Schicht aus Schnee sollte dann jeden Tag schmelzen, während die feste Eisschicht darunter erhalten bleibt, und außerdem als Isolator fungieren. Für die Berechnungen relevant sind letztendlich allerdings nur die Schichten aus Eis, die jeden Tag nötig sind um die Piste zu betreiben. So kann man auch den Schnee jeden Tag nach den Wettkämpfen wegschmelzen lassen. Dazu müssen wir allerdings wissen, wie viel Schnee pro Zeiteinheit wegschmilzt.

Die Sonneneinstrahlung ist wegen des guten Wetters im Sommer der Hauptfaktor für die Schneeschmelze.

Für das Schmelzen gilt folgende Gleichung:

$$h = \frac{2t \cdot P}{\rho \cdot C}$$

Die Schneeschmelze pro Stunde soll ermittelt werden. Angenommene Werte:

$$t = 3600s$$

$$P = 800 \frac{W}{m^2}$$

$$\rho = 150 \frac{kg}{m^3}$$

$$C = 333 \frac{kJ}{kg}$$

Das ergibt $h = 0,115m$

Diese Formel sagt uns, dass pro Stunde 11,5 cm Schnee schmelzen. In einem Wettkampftag von ungefähr 6 Stunden Länge wird also Schnee in der Größenordnung von $11,5cm \cdot 6 = 69cm$ Schnee schmelzen. Auf die ganze Strecke von 7,1km und einer Durchschnittsbreite von 7,33m gerechnet sind das $6030m^3$ in der Stunde. Um allein diese Schmelze wiederaufzufangen, bräuchte man 24 Maschinen. Unter der Annahme, dass man nicht mehr Schnee auf die Piste befördert, als unbedingt nötig, wird man pro Tag 69 cm Schnee brauchen.

Wenn man miteinbezieht, dass die Grundstrecke mit 5 km Länge alle 7 Tage dauerhaft präpariert ist, dann an 2 Tagen 600 Meter zusätzlich gebraucht werden für die

Sprintstrecke, sowie an 1 Tag 1,75 km zusätzlich für die Skiathlon-Strecke, müsste man insgesamt über die veranschlagte Dauer von 7 Tagen auf einer Strecke von 37,95 km für Beschneigung sorgen. Also beträgt die nötige Schneemenge auf die gesamte Piste gerechnet $37950\text{m Streckenlänge} \cdot 7,33\text{m Breite} \cdot 0,69\text{m Höhe} = 191939\text{m}^3$.

“Die Kosten für die Schneeproduktion eines Kubikmeters hängen von den individuellen Bedingungen vor Ort ab: Unter anderem entscheiden Wasserzuleitung, Pumpleistungen, Speicherteiche und die Schneibedingungen über die individuellen Kosten. In Fachpublikationen spricht man meist von 3,5 – 5 Euro/ m^3 Schnee.” (s. <https://www.technoalpin.com/faq.html>, Hersteller der Snowfactory).

Somit betragen die Kosten für eine Beschneigung der Pisten $191939\text{m}^3 \cdot 4,25$ Euro = 815740,75 Euro.

Pro Kubikmeter Kunstschnnee betrug der Energieverbrauch während der Saison 2001/02 in Frankreich im Schnitt 3.48 kWh. Bei der ermittelten Summe von 191939m^3 beträgt der Energiebedarf $191939\text{m}^3 \cdot 3.48 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} = 667.947,72 \frac{\text{kWh}}{\text{h}}$. Das ist der kleinste mögliche Laufzeitenergiebedarf.

Fazit

Wir haben erst einen Terminplan angelegt, für die Wettkämpfe, die stattfinden werden, mit dem Vorsatz, sie in so wenig Tagen wie möglich abzuhalten, um Kosten für die Beschneigung etc. zu sparen. Dann, als der Terminplan stand, haben wir uns überlegt, welche Strecke wir beschneien müssen, dies stellte sich jedoch als sehr problematisch heraus, aufgrund der vielen verschiedenen Distanzen, welche absolviert werden müssen. Danach beschäftigten wir uns mit den Anforderungen, die von den internationalen Regularien an die Piste definiert sind. So konnten wir ein Profil der Strecke erstellen, und das Erdvolumen feststellen, welches nötig ist, um die Gefälle und Steigungen auf der Strecke den Regeln entsprechend aufzuschütten. Danach bearbeiteten wir die Frage der Beschneigung, welche das mitunter wichtigste Problem darstellte, wegen der sommerlichen Temperaturen.

Als alle zu bedenkenden Hintergrundparameter geklärt waren, befassten wir uns mit dem Thema des Energieaufwands. Den Laufzeitenergiebedarf stellten wir fest anhand des zu bereitstellenden Volumens an Kunstschnnee in Korrelation zum Energieverbrauch pro Volumen an Kunstschnnee. Der Energiebedarf für die Erstellung der Strecke würde zum einen die nötige Energie für die Erdaufschüttung, zum anderen für den Aufbau der Tribünen und Stadien und Werbetafeln der Sponsoren etc..

Um zusammenzufassen, unter größtem organisatorischen und finanziellem Aufwand wäre es in der Tat möglich, den Langlaufteil der Olympischen Winterspiele im Sommer 2026 in Stuttgart auszurichten. Nur würden die entstehenden Kosten, sowie der große durch z.B. die Beschneigung zusätzlich entstehende Energieaufwand die Zweckmäßigkeit bzw die Gewinnspanne der Unternehmung weit schmälern, sodass ein unabhängiges

Gutachten mit Sicherheit raten wird, die Olympischen Winterspiele auszurichten an einem Ort mit besseren Voraussetzungen dafür.

Literaturverzeichnis

https://de.wikipedia.org/wiki/Skilanglauf_bei_den_Olympischen_Spielen

https://de.wikipedia.org/wiki/Olympische_Winterspiele_2018

<https://www.eurosport.de/olympia/pyeongchang/2018/olympia-2018-zeitplan-und-kalender-sto6403025/story.shtml>

<https://www.wetter.de/klima/europa/deutschland/stuttgart-s107390.html>

<https://www.skiweltcup-dresden.de/weltcup/strecke/>

<https://www.skiweltcup-dresden.de/weltcup/aktuelles/detailseite/unsere-schneekanonen>

<https://www.fewo7stern.com/single-post/2015/09/29/Technische-Beschneigung-im-Skikarus>

<http://www.newsroom-wintersportarena.de/2014/11/14/snowfactory-laeuft-erfolgreich-sc>

http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/Cross-Country/04/39/42/IWOLanglauf2017_clean_Neutral.pdf

<http://res.cloudinary.com/deltatre-spa-ibu/image/upload/o8k3hhfglzjhq2rj593b.pdf>

<https://www.lamerdingen.de/gemeinde-verwaltung/steuer-und-gebuehrensaetze/kies-und-erdpreise/>

http://www.cipra.org/de/publikationen/2709/454_de/inline-download

Google Maps Routen

Grundstrecke:

<https://www.google.de/maps/dir/48.7530164,9.1079011/48.7518139,9.1102829/48.7522525,9.1149178>

Sprintstrecke:

<https://www.google.de/maps/dir/48.7529609,9.1078937/48.7542402,9.1011731/48.7524359,9.1018356>

Teilstrecke 1:

<https://www.google.de/maps/dir/48.7507481,9.1095618/48.7510735,9.1054205/48.7493758,9.1053991>

Teilstrecke 2:

<https://www.google.de/maps/dir/48.7540264,9.1104073/48.7518077,9.1103274/48.7523435,9.1153065>