

[NAV02] Grundlagen der Navigationsverfahren

Zur Vervollständigung der Seite steht die [Präsentation](#) zur Verfügung

Dieses Modul aus der [Kategorie: Navigation](#) behandelt die Grundlagen der Navigationsverfahren.

Grundlagen der Sichtnavigation

Grundlagen

Unter Sichtnavigation versteht man das Navigieren in räumlicher Umgebung unter Sichtwetterbedingungen an visuellen Referenzen mit kartographierten Vergleichsmaterial. Um überhaupt nach Sicht zu navigieren, müssen ein paar Voraussetzungen erfüllt sein. Diese lassen sich zusammenfassen in die Sichtflugmindestbedingungen.

Dazu zählen: - Sichten - Hauptwolkenuntergrenze - Abstand zu den Wolken - Wettererscheinungen

Diese variieren von Luftraum zu Luftraum.

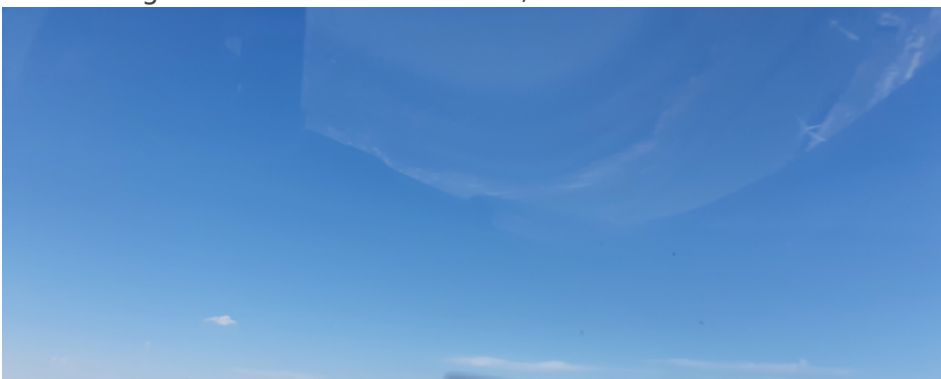
Des Weiteren ist bei der Sichtnavigation darauf zu achten, dass man nicht nur nach draußen schaut um sich zu orientieren, sondern auch, um den Luftraum zu beobachten. Sollte ein Flugzeug auftauchen, muss nach den Ausweichregeln verfahren werden.

Sichtflugpunkte

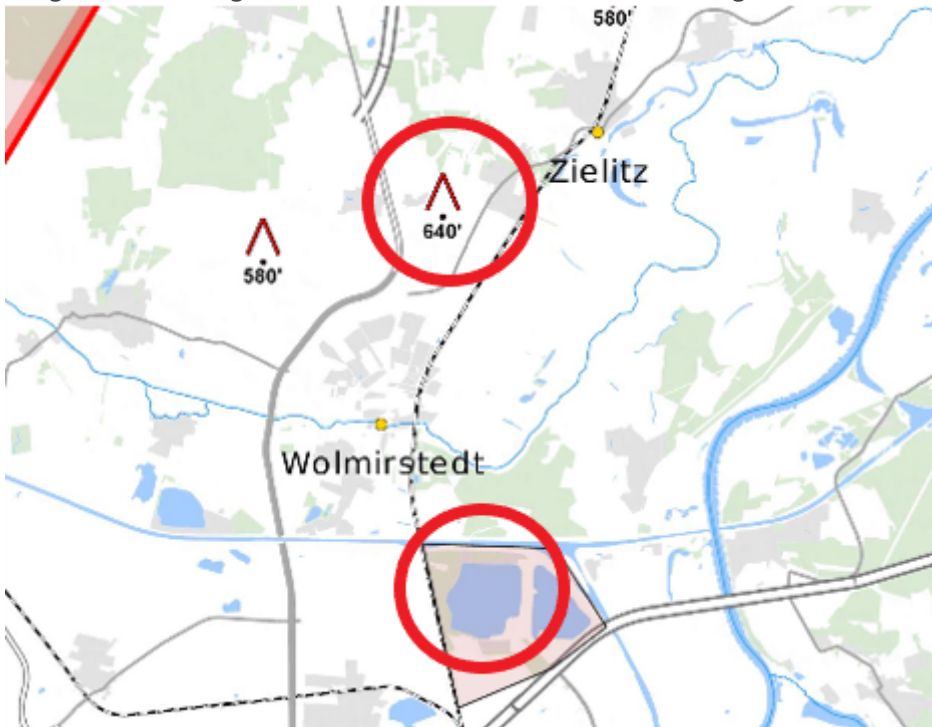
Sichtflugpunkte sind geographische Stellen in der Landschaft, die sich stark von dem umliegenden Territorium abgrenzen. Dazu zählen Straßen, Flüsse, Seen, Berge, Landschaftszüge, Wälder, Fabriken und viele mehr. Dabei unterscheidet man zwei Hauptgruppen. Einmal die wirklichen Punkte die nur an einer Stelle existieren und Strecken die einen Verlauf aufweisen.

- Punkte

Dazu zählen Windmühlen, Städte, Berge... Als Beispiel ist eine geographische Erhebung dargestellt nördlich von Magdeburg. Diese ist bei gutem Wetter über 50km weit zu sehen. Im Vordergrund sieht man einen See, an dem man sich auch orientieren könnte.



In der Karte von openflightmaps sind beide dargestellt. Man sollte sich in der Flugvorbereitung schon mit solchen Punkten entlang der Strecke auseinandersetzen.



© openflightmaps.org

- Strecken

Flüsse, Straßen, geographische Landschaften (Küste) ... können zum Navigieren entlang oder mit einer Strecke genutzt werden. Im Bild sieht man die Elbe. Sie ist natürlich eine Strecke, die man kaum verfehlen kann. Somit ist sie leicht erkennbar, auch von der Ferne.



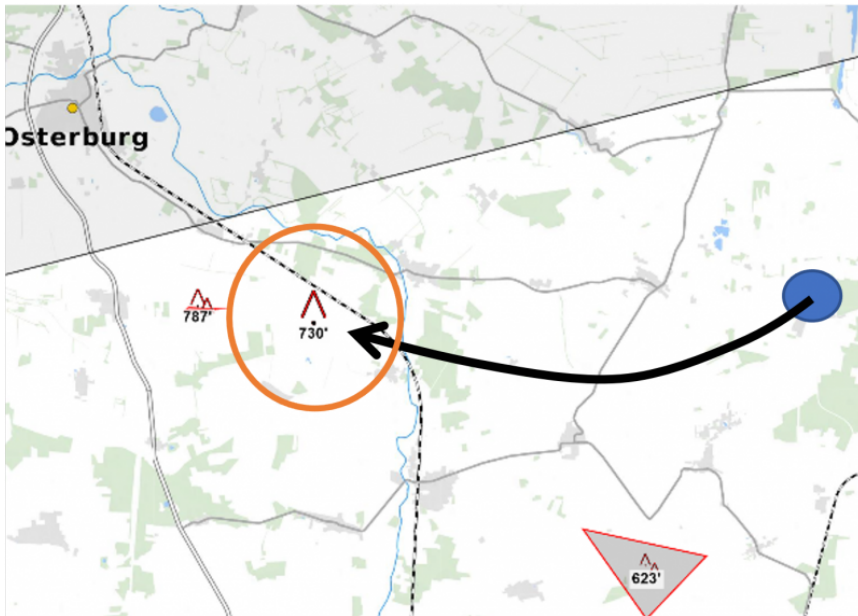
In der Karte von Openflightmaps ist die Elbe dann auch als Fluss dargestellt. Man sieht außerdem die kleineren Flussarme, sowie Brücken etc. Somit ist auch eine Positionsbestimmung entlang einer Strecke möglich.



© openflightmaps.org

Navigation

Bei der Navigation nach Sicht ist es erstmal wichtig, dass die in den Grundlagen genannten Punkte erfüllt sind. Für die praktische Ausführung werden dann zwei Methoden unterschieden. Zum einen gibt es das Navigieren entlang des direkten Kurses. Hier versucht man entlang des direkten Vektors anhand von einzelnen Punkten oder Strecken, die man auch teilweise offset nutzt, also neben diesen navigiert. Dabei ist die erste Methode zwar schnell, aber nicht so sicher, da man nicht ständig auf einen sicheren Punkt oder eine Strecke fixiert ist. Eine weitere Methode wäre das Navigieren entlang einer Strecke. Hier fliegt man rechts, wie im Straßenverkehr, entlang dieser Strecke und bestimmt seine Position anhand von einzelnen Merkmalen an der Strecke. Das Verlieren der Strecke ist somit sehr unwahrscheinlich und damit ist diese Methode auch sicherer. Allerdings ist diese Methode, je nach Beschaffenheit der Strecke, auch länger und ineffizienter. Somit muss man von Strecke zu Strecke abwägen, wann es Sinn macht, welche Methode zu nutzen. Dabei darf die Sicherheit nie beeinträchtigt werden. Ein Problem, welches das Navigieren generell beeinträchtigt, ist der Wind. Durch extreme Seitenwinde kann ein Flugzeug abgetrieben werden und beim Navigieren zu einem Punkt entsteht eine Kurve, auch als Hundekurve bezeichnet, die den Weg deutlich länger macht. Um sich davor zu schützen, kann man einen zweiten geographischen Punkt zur Hilfe ziehen, der hinter dem ersten liegt, um einer geraden Linie zu folgen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin aus dem Fenster zu schauen, wie die Bewegung über dem Grund ist und seinen Vorhaltewinkel anzupassen.



© openflightmaps.org

Wenn wir dann zur Streckenplanung kommen wird diese nach vier Punkten durchgeführt:

1. Strecke planen
2. Route berechnen
3. Platzinformationen
4. Fluginformationen

Weiter sollte die Vorbereitung mindestens folgende Informationen enthalten:

Rufzeichen	
Startflughafen, Zielflughafen, Ausweichflughafen	Name ICAO-Code Frequenz Rufzeichen Platzrundenrichtung Platzrundenhöhe Pistenbeschaffenheit Pistenlänge/Ausrichtung
FIS	Frequenz/Gebiet/Bemerkung
Route	
Routeninformation	Auffanglinie
Entfernung	DCT TRUE
True Heading	TC
Variation	TH
Deviation	CH

Wetter: Startflughafen, Zielflughafen, Ausweichflughafen	QNH Windrichtung Windstärke Sichtweite Wolken Trend
Flughöhe	
Geschwindigkeit	IAS, TAS, GS
Flugzeit	
GAFOR	Durchschnittliche Windrichtung Durchschnittliche Wingschwindigkeit Temperatur
Treibstoffverbrauch	
Extra Treibstoff	
Treibstoff	

Auffanglinie

Die Auffanglinie ist eine Sicherheitsfunktion beim Fliegen, die unerlässlich ist. Sie schützt den Pilot vor Fehlern und deren Folgen. Deshalb gehört sie in jede Flugplanung dazu. Sie stellt extrem markante Punkte oder Strecken abseits der Strecke dar, die einen Piloten darauf aufmerksam machen, dass er sich verfliegen hat und geben einen neuen Start zur Orientierung. Beispielsweise wenn ich zu einem Flughafen an der Ostsee aus Richtung Süden fliege und an der Küste bin weiß ich das ich den Flughafen hätte schon längst sehen müssen und kann dann an der Küste weiterfliegen um mich neu zu orientieren. Die Ostsee ist dabei unübersehbar und die Küstenformationen markant.

Verhalten in besonderen Fällen

Jeden Piloten kann es passieren, dass eine unerwartete Situation auftritt, auf die er nicht vorbereitet ist. Dafür hat die Luftfahrt zum Glück genug Backups, damit es zu keinen Unfällen kommt.

Orientierungsverlust Falls man während der Navigation die Orientierung verliert ist es wichtig, erstmal die Ruhe zu bewahren. Im nächsten Schritt fliegt man idealerweise zu seiner Auffanglinie. Falls diese nicht auffindbar ist versucht man eine Radarlotsen zu erreichen. Dabei ist es ganz egal welcher, Hauptsache er ist in der Nähe. Es ist auch nicht schlimm dies zu tun, auch kein Anfängerfehler, das ist Professionalität, da der Orientierungsverlust eine Dringlichkeitsmeldung ist. In der Realität steht neben den normalen Frequenzen auch die Notfallfrequenz 121.500 zur Verfügung.

Schlechtes Wetter Für das Fliegen auf Sicht müssen die Sichtflugmindestbedingungen erfüllt sein. Bei schlechtem Wetter kann es passieren, dass dies nicht mehr gegeben ist und der Rückweg auch von einer Wolkenfront versperrt wird. In einer solchen Situation ist unverzüglich eine Sicherheitsaußenlandung durchzuführen, sofern das möglich ist. Ansonsten kann weitere Hilfe auch

wieder durch Radarlotsen in Anspruch genommen werden.

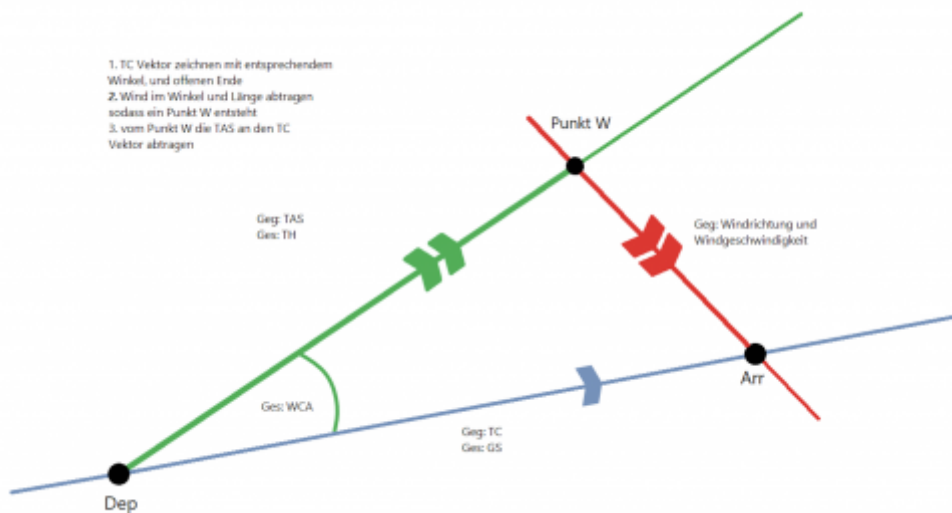
Grundlagen der Koppelnavigation

Definition

Koppelnavigation bezeichnet ein Navigationsverfahren unter Sichtflugbedingungen, welches mit Kurs α und Geschwindigkeit v eine ungefähre Position errechnet. Dabei ist zu beachten, dass man wirklich VMC ist, da es sich um ein reines VFR Verfahren handelt. Weiter muss das Flugzeug mit entsprechend genauen Instrumenten ausgestattet sein, um auf der Strecke keine zu hohen Abweichungen zu erzeugen. Die Strecke sollte schon in der Flugplanung festgelegt und ausgerechnet werden. Außerdem sollte hier ein besonderes Augenmerk auf die Auffanglinie gelegt werden, um die nötige Sicherheit zu garantieren.

Anwendung

Von der Flugplanung kennen wir den Kurs den wir auf der Strecke fliegen wollen, sowie die Geschwindigkeit über Grund an dieser Stelle. Nun müssen wir folgende Überlegung anstellen: Wenn ich eine bestimmte Zeit eine bestimmte Geschwindigkeit fliege, lege ich einen bestimmten Weg zurück oder anders herum, wenn ich weiß wie lange die gesamte Strecke ist, kann ich die Zeit errechnen, die für diese Strecke benötigt wird. Die Berechnung erfolgt nach dem Weg-Zeit-Gesetz. Dabei gilt: $v=s/t$. Die Formel kann dann beliebig umgestellt werden. Ein Problem, was sich bei dieser Methode auftut, ist der Wind der nur teilweise mit einberechnet werden kann, sowie die Ungenauigkeiten der Instrumente. Somit kann es zu leichten Abweichungen des Endpunktes kommen und das endgültige Navigieren zu einem Sichtflugpunkt bleibt unerlässlich.



Als Erstes wird der Vektor TC mit dem Winkel zwischen Dep und Arr gezeichnet, wobei beide Punkte nicht auf der Geraden markiert werden. Nun wird der Punkt Arr festgelegt und von diesem Winkel des Windes ein weiterer Vektor gezeichnet. Dieser ist solange wie die Windgeschwindigkeit ist. Dabei kann man das Größenverhältnis zwischen kt und cm auf dem Blatt frei wählen, es muss nur im gesamten Schema konstant bleiben. (Beispiel: 10kt = 1cm) Aus der Windgeschwindigkeit ergibt sich dann auf dem Vektor des Windes der Punkt W. Von diesem wird nun mit einem Zirkel, der auf die Länge der Geschwindigkeit eingestellt ist, der Punkt Dep auf dem Vektor TC

abgetragen. Alle weiteren Werte können danach einfach mit einem Geodreieck abgelesen werden.

Anwendungsbereiche

Hauptsächlich wird diese Methode genutzt, wenn die Sichtnavigation in dem Moment nicht möglich ist. Dies kann z.B. direkt nach dem Start sein, wo man einen hohen Anstellwinkel hat und so die Sicht nach draußen eingeschränkt ist. Die Methode wird außerdem gebraucht, falls keine Sichtflugpunkte vorhanden sind. Ein Klassiker ist da eine Meeresüberquerung.

Grundlagen der Funknavigation

Auch als VFR-Pilot ist es gut die Grundlagen der Funknavigation zu beherrschen, dies kann in gewissen Situationen das Navigieren erleichtern. Es ist allerdings wichtig zu verstehen, dass man als Pilot beim Fliegen nach Sichtflugregeln (VFR) auch bei Verwendung von Hilfsmitteln, wie der Funknavigation, nicht von der Pflicht befreit ist nach Sicht zu fliegen.

NDB

Der NDB, oder Non-directional Beacon, ist ein sehr altes Navigationsmittel, welches auf dem Frequenzband 190 bis 1750 kHz sendet. Die grundlegende Funktionsweise ist, dass der NDB ein Signal in alle Richtungen aussendet, um von einem Flieger erfasst zu werden. Dies passiert mit den sogenannten ADF (Automatic Direction finder), welcher aus zwei Antennen besteht und damit die Richtung, aus welcher das Signal kommt, erfasst und dem Piloten mit Hilfe eines RBIs oder RMIs anzeigt.

Ein RBI (Radio B



strument, bei welchem man den Steuerkurs selber

einstellen muss.

© faa.gov

Ein RMI (Radio Magnetic Indicator) zeigt ebenfalls den Steuerkurs an, und man kann dadurch den Kurs, aus welchem das Signal kommt feststellen. Der RMI zeigt auch meistens Informationen zu einem VOR an (in diesem Bild die gelbe Nadel) und bei einem Glass Cockpit auch GPS-Wegpunkte.



© faa.gov

VOR

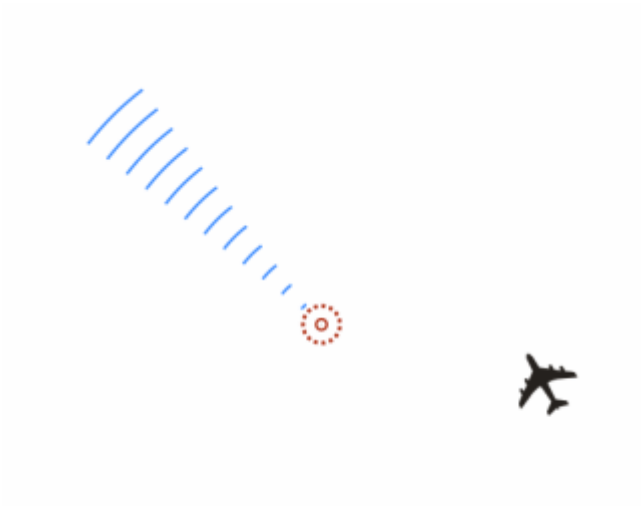
Ein **VHF** (very high frequency) **Omnidirectional Radio Range**, kurz **VOR** (dt. Drehfunkfeuer) ist ein flugnavigatorisches Funkfeuer. Ein Flugzeug kann damit die Richtung zur bzw. von der Station (Radial) bestimmen. VORs senden im Frequenzband 108,00 bis 117,95 MHz, wobei bestimmte Frequenzen des Bandes für ILS-Sender freigehalten werden.

Funktionsweise

Durch ein Impulssignal und ein separates, umlaufendes Signal kann vom Luftfahrzeug durch Laufzeitmessung die Richtung zur Station (zum VOR) bestimmt werden. Je nachdem, wie lange der zeitliche Abstand zwischen dem jeweiligen Empfang der beiden Signale ist, wird dadurch das Radial festgelegt, auf dem sich das Luftfahrzeug befindet.

Ein gemessenes Umlaufsignal nach der Hälfte der Zeit zwischen den Rund-Impulssignalen ergibt damit das Radial 180 (R180), also südlich (180°) des Funkfeuers. VORs sind üblicherweise missweisend (also magnetisch Nord) ausgerichtet.

Ein allein stehendes VOR übermittelt somit lediglich Richtungsangaben, keine Entfernungen! Für eine Positionsbestimmung ist ein zweites Funkfeuer (Kreuzpeilung) oder ein mit dem VOR gekoppeltes DME erforderlich.



© by Wikipedia user Orion 8, CC-BY-SA 3.0

Grundsätzlich fliegt man ein Radial wie einen Localizer in einem Anscheidewinkel an, um sich an ihm auszurichten. In der Regel benutzen Piloten dafür sogar die selben Instrumente. Meist kommt der Course Deviation Indicator (CDI) oder ein Horizontal Situation Indicator (HSI) zum Einsatz, der entweder separat als Instrument oder (in Glascockpits) in das Navigationsdisplay (ND) integriert vorhanden ist.

Radiale zeigen immer von der Station (VOR) weg, d.h. für einen Kurs zur Station muss der Pilot den Gegenkurs des Radials einschlagen (z.B. HDG 360° auf dem R180 des VORs).



© [Wessmann.clp, 09.08.2005](#)

[HIER](#) gibt es eine Homepage zur Veranschaulichung und zum üben von NDB/VOR Navigation.

DME

Grundlagen der Satellitennavigation

GNSS

Global Navigation Satellite System.

Satellitengestützte Navigation, ein modernes Verfahren, dass alle Flugphasen unterstützt, welches erst im letzten Jahrhundert entdeckt wurde. GNSS ist das erste Verfahren das alle Flugphasen, vom Start bis zur Landung abdeckt. Es ist ein Verfahren welches aus vier Kernsatellitenkonstellationen besteht.

Name	Land	Jahr	Anzahl der Satelliten
NAVSTAR GPS	USA	1995	24
GLONASS	Russland	2011	24
GALLILEO	Europa	2020	30
COMPASS	China	2020	Bis zu 35

Alle Systeme funktionieren unabhängig voneinander.

Grundsätzliche Funktionsweise

Satellit sendet ein Taktsignal und Datenpaket.

- Empfänger, in unserem Fall das Flugzeug, liest dieses aus und berechnet, zu dem sichtbaren Satellit, seine Position im Raum.
- Der Empfänger besteht aus einer Antenne und Prozessor, der alle vier notwendigen Dimensionen ausrechnet.

Für Zeit, Höhe, Länge und Breite benötigt er das Signal von mindestens vier Satelliten. Die Genauigkeit ist dabei Abhängig von der Genauigkeit der Messung und der relativen Position (Geometrie) der sendenden Satelliten. Grundsätzlich lässt sich so die Position eines Flugzeuges bestimmen, jedoch genügt dies nicht der Luftfahrt zur Überwachung des Systems.

Es ist notwendig eines der Überwachungssysteme an Bord zu haben:

- ABAS aircraft-based augmentation system
- GBAS ground-based augmentation system
- SBAS satellite-based augmentation system

Grenzen des GNSS

Die Welt ist im Umbau von herkömmlichen NAVAIDs zu modernen, günstigeren GNSS Methoden.

Dabei müssen Staaten bestimmte Punkte beachten um die Sicherheit nicht zu gefährden:

- Der Staat muss sicherstellen das immer genug Satelliten zu Verfügung stehen oder NAVAIDs als Backup haben. Es bietet sich an die Performance von GNSS durch GBAS und SBAS zu unterstützen in kritischen Regionen
- Interferenzen müssen ausgeschlossen werden

- Zum sicheren navigieren mit GNSS muss eine Datenintegrität gewährleistet werden

Anwendung in der General Aviation

In kleineren Maschinen, die Satellitennavigation unterstützen kommen hauptsächlich zwei Trägersysteme zum Einsatz, das G1000 und GTN750. Beide Systeme können sowohl für VFR als auch IFR genutzt werden. Dies ist für VFR Flieger aber keine Entbindung von jeglichen anderen Verpflichtungen, das Fliegen nach Sicht.

G1000

Revision #16

Created 21 December 2022 16:18:34 by 1342244

Updated 26 February 2024 20:10:13 by 1534231