Komplekse tal

Studieretningsprojekt i Matematik A og Dansk A

Mike Mølskov Lorenzen

3.Z

Fag	Vejledere
Dansk A, STX	KFG
Matematik A, STX	KDK

Start-Slut 17-03-2023 - 31-03-2023 09:00

Rybners STX

Resumé

Indholdsfortegnelse

Indhold

Indledning

Emnet handler om Komplekse Tal og en formidlingsopgave som er delt op i en metaopgavedel og en populærvidenskabelig artikel.

I denne SRP ville jeg med udgangspunkt i matematik, med hjælp af formler og konkrete eksempler vise hvordan man kan bruge komplekse tal i den matematiske verden. Jeg ville også med udgangspunkt i dansk vise ved hjælp af min formidlingsopgave hvordan svær matematik kan formidles til den almindeligvidende læser igennem en populærvidenskabelig artikel, hvor jeg derefter analyserer artiklen og forklarer hvilke metoder der bliver brugt til at formidle denne matematik. Jeg ville redegøre for hvordan reelle tal udvides til komplekse tal og redegøre for begreberne modulus, argument og kvadratrod ved hjælp af skrivemåden a + b*i. Jeg ville også redegøre for hvordan man kan ved hjælp af disse begreber løse en andengradsligning indenfor komplekse tal.

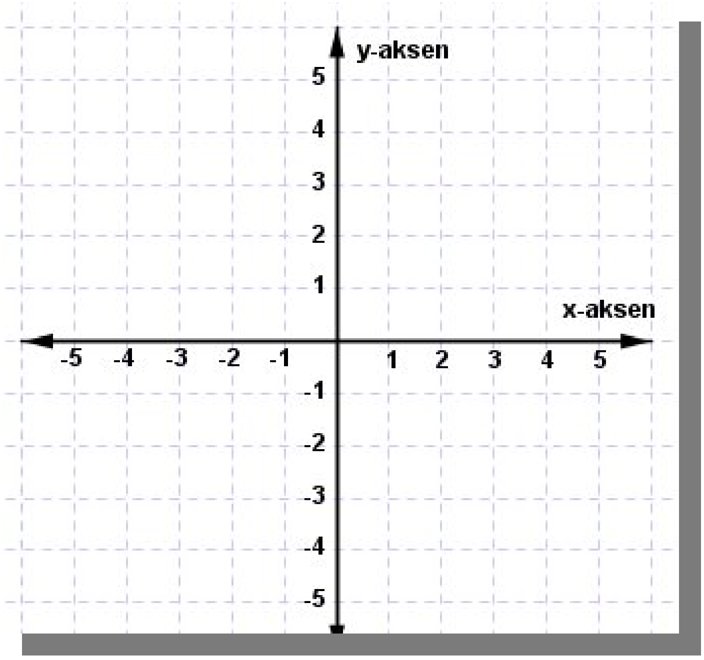
Metodeafsnit

Redegørelse

Udvidelse af reelle tal til de komplekse tal

De komplekse tal som er en udvidelse af de normale reelle tal bruges for at give mulighed til at løse mange forskellige matematiske problemer, som man nødvendigvis ikke kan løse ved hjælp af reelle tal alene. De komplekse tal består normalt af en kombination, nemlig en kombination af et reelt tal såsom a og b i formlen a+b*i. De reelle tal i dette tilfælde er som sagt a og b hvor *i* så er et imaginært tal som vi kan omskrive eller definere som kvadratroden af -1.

Et eksempel på et komplekst tal kunne være: $z_1 = 2 + 2i$

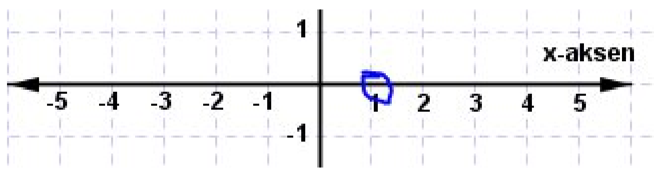


Hvis vi siger at vores imaginære del af vores komplekse tal z=a+b*1 hvilket betyder at vores b værdi=0 så er vores z = a ∈ R. Dette betyder at vi kan konkludere at når vores imaginære del af et komplekst tal er = 0 så er vores tal et reelt tal, hvilket betyder at de reelle tal også indeholder de komplekse tal og er derfor egentligt en udvidelse af de reelle tal.

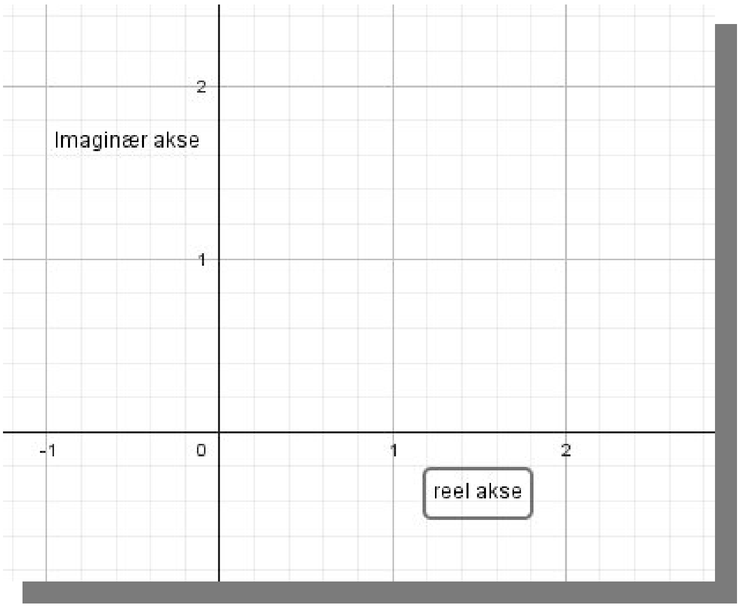
Vi ved i forvejen at hvis vi skal finde eller afbilde et reelt tal, så kan det gøres på en tal-akse eller en x-akse. Et eksempel på dette vises her:

(Bilag 1)

Hvis vi skal finde $X_1 = 1$ skal vi blot gå en hen på x-aksen:



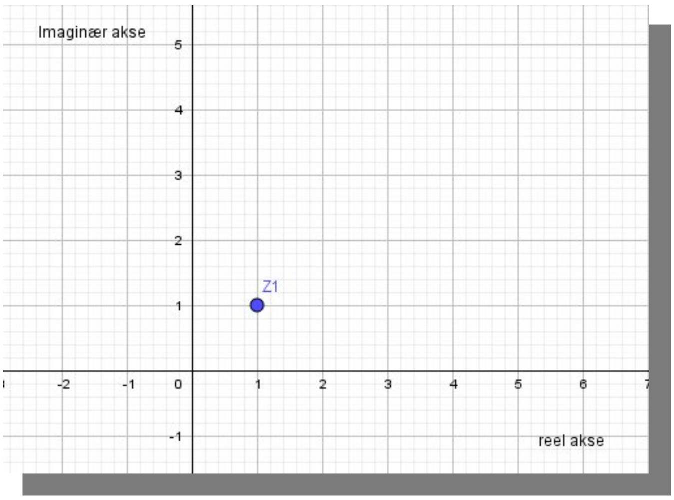
(Bilag 2)



Hvis vi til gengæld skal finde et komplekst tal, skal vi bruge det der kaldes et Argand diagram eller komplekst plan. I dette diagram har vi en vandret akse som er vores reelle del, hvor vores lodrette akse kaldes for den imaginære akse.

Det vises her:

(Bilag 3)



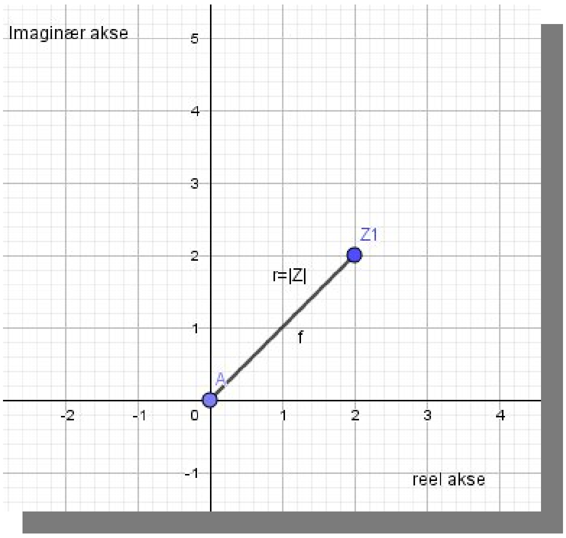
Hvis vi i dette plan skal f.eks finde $Z_1 = 1+i$ skal vi altså både bruge den imaginære akse og den reelle akse som set her:

Vi kan se at vores reelle tal 1 bare betyder vi går en hen på den reelle akse, hvor *i* som er vores imaginære tal betyder vi skal flytte os en opad på den imaginære akse.

(Bilag 4)

Skrivemåden a + b * i, modulus, argument og kvadratrod

Modulus kan forklares således at det egentligt er hvor langt væk fra punktet (0,0) vores punkt befinder sig i det komplekse plan, det kan regnes således ved det komplekse tal eller stedvektor som er modulus i ligningen z=a+b**i* regnes ved hjælp af vores Pythagoras sætning. Vi opskriver modulus af et komplekst tal z som |z|. Et eksempel er:



Vi bestemmer nu modulus ved hjælp af Pythagoras $r = |z| = \sqrt{a^2 + b^2}$

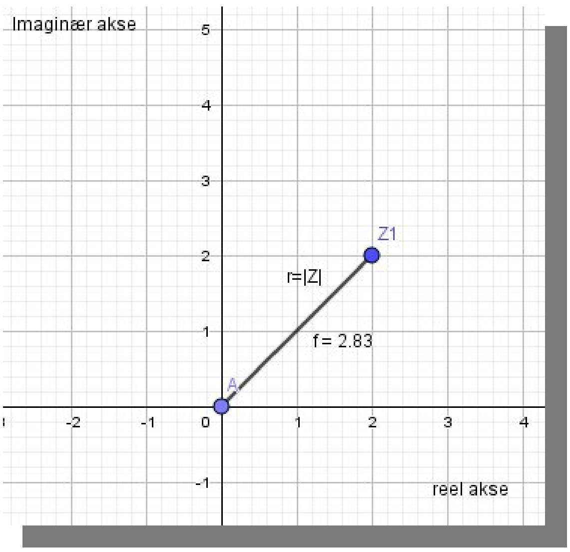
Vores a værdi må være afstanden på den reelle akse, hvor b så er afstanden på den imaginære akse.

Hvis vi opskriver ligningen fra eksemplet, ville det lyde som: $Z_1 = 2i + 2$

Hvis vi så skal finde modulus bruger vi den fundet formel som vist før: $|Z_1| = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8}$

(Bilag 5)

For at finde ud af om vores formel virker tegner vi med tal fra eksemplet, vores modulus i GeoGebra:



Her kan vi se at vores længde på modulus stemmer overens med den vi regnede os frem til ved hjælp af formlen $r = |z| = \sqrt{a^2 + b^2}$.

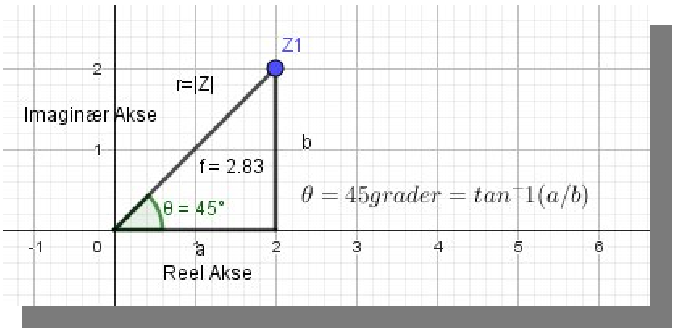
(Bilag 6)

En anden måde at beskrive det komplekse tal på er argumenter også kendt som θ. Argumenter kan måles i både radianer og grader. Argumenter kan beskrives som den vinkel der er fra den reelle akse op til Modulus. Dog skal vi også huske at hovedargumentet altid regnes i intervallet $]-\pi, \pi]$ hvilket betyder fra -180 grader til 180 grader. Dette er vigtigt da det har en stor betydning for hvordan vi regner Argumentet alt efter hvilken kvadrant vinklen ligger i. Da vi allerede kender vores modstående katete, nemlig b og vores hosliggende katete nemlig a, kan vi altså bruge vores viden fra retvinklede trekanter til at udregne Argumentet.

Vi kan bruge vores viden til at udregne formlen tan(v) = $\frac{b}{a}$

Vi ved at z=0 altså ikke har noget argument.

Hvis vi tager udgangspunkt i samme eksempel som fra forklaringen af Modulus ser vi at:



Nu kan vi så konstatere at:

tan(θ) = $\frac{b}{a}$

som vi også kan omskrive til:

θ = $\tan^{-1}(\frac{b}{a})$

(Bilag 7)

Nu bruger vi formlen: Arg(z_1)=$\tan^{-1}\left(\frac{2}{2}\right) = 45^0$

Vi kan hermed se at vores formel stemmer overens med vores eksempel fra GeoGebra.

Nu omregner vi til radianer:

Arg(z_1)=$\tan^{-1}\left(\frac{2}{2}\right) \approx 0{,}7853982(rad)$

Dog som jeg skrev før, gælder denne formel ikke for alle tilfælde. Hvis vi har et hovedargument som befinder sig i 1. kvadrant, virker formlen, det ville den også gøre for argumenter i 4. kvadrant. Dog skal vi i tilfælde af at vores punkt ligger i 2. kvadrant huske at tilføje π da det ville betyde vi bevæger os 180 grader mod den rigtige kvadrant. Hvis vores punkt ligger i 3. kvadrant skal vi så huske at tilføje -π så vi bevæger os 180 grader den modsatte vej mod den rigtige kvadrant.

Før vi kan opstille vores andengradsligning, skal vi kunne finde løsningerne for kvadratrødder, dette kan gøres hvis a_2 ikke er = 0 altså hvis a ikke er reelt ved hjælp af formlen:

$$z = \pm \left(\sqrt{\frac{1}{2}\left(a_1 + |a|\right)} + sgn\left(a_2\right) \cdot i \cdot \sqrt{\frac{1}{2}\left(-a_1 + |a|\right)} \right)$$

Her kan vi altså regne os frem til kvadratrødderne for tallet a ved hjælp af ±. Dog betyder det også at hvis a_2=0 får vi kun en reel løsning hvis a_1=0 nemlig z=0. hvis a_1 er større end 0 fås 2 reelle løsninger for formlen $z = \pm \sqrt{a_1}$, og hvis a_1 er mindre end 0 fås 2 imaginære løsninger for formlen $z = \pm i\sqrt{-a_1}$. Vi kan nu ved hjælp af disse formler bestemme rødderne i vores ligninger.

Eksempel:

Løs ligningen z^2=2+2i

a_1=2

a_2=2

sgn(a_2)=2

vi finder modulus:

|2+2i|=$\sqrt{2^2 + 2^2} \approx 2{,}828427$

Vi bruger formlen: $z = \pm \left(\sqrt{\frac{1}{2}\left(a_1 + |a|\right)} + sgn\left(a_2\right) \cdot i \cdot \sqrt{\frac{1}{2}\left(-a_1 + |a|\right)} \right)$

$$z = \pm \left(\sqrt{\frac{1}{2}(2 + 2{,}828427)} + i \cdot \sqrt{\frac{1}{2}(-2 + 2{,}828427)} \right)$$

$z_1 \approx 0{,}6435942 \cdot i + 1{,}553774$

$z_2 \approx -0{,}6435942 \cdot i - 1{,}553774$

Dette må nu være de 2 rødder for ligningen z^2=2+2i

Hvordan løses andengradsligninger indenfor komplekse tal?

Andengradsligninger indenfor komplekse tal bruger i realiteten samme formel som for reelle tal, derfor kan vi opstille sætningen:

Andengradsligningen $az^2+bz+c=0$ hvor a ikke er = 0 har disse løsninger:

$Z_1=\frac{-b-\sqrt{d}}{2a}$

$Z_2=\frac{-b+\sqrt{d}}{2a}$

Diskriminanten regnes ved $d=b^2$-ac som vi kender den fra reelle tal.

Vi kender inde for reelle tal at vi kan finde frem til hvor mange løsninger andengradsligningen har ved hjælp af diskriminanten, der gælder nemlig at hvis d er mindre end 0, altså $d<0$ så har ligningen ingen løsninger. Hvis diskriminanten er =0 så har ligningen 1 løsningen og hvis d er positiv, kan vi finde 2. Dog kan vi nu med hjælp af komplekse tal, finde frem til $\sqrt{-d}$. Det betyder at vi nu altid kan finde frem til en løsning på vores andengradsligning uanset og diskriminanten er negativ.

Da vi har samme formel for diskriminanten, kan vi nu foretage nogle omskrivninger af formlen:

$az^2+bz+c=0$ Vi ganger med 4a på begge sider

$4a^2z^2+4abz+4ac=0$ vi lægger nu formlen for diskriminanten ind på begge sider

$4a^2z^2+4abz+b^2=b^2-4ac$ vi omskriver nu til sidst venstre side

$(2az+b)^2=b-4ac=d$

Vi deler nu ligningen op således at vi kan skrive videre hvis vi sætter d=0 eller vi tilføjer w=2az+b hvis vi d ikke er =0

Hvis d=0 så omskriver vi:

$(2az+b)^2=0$ vi tager kvadratroden af begge sider

$2az+b=0$ og omskriver

$Z=\frac{-b}{2a}$

Nu kan vi se at vores ligning kun har en kompleks løsning som vi kan finde frem til.

Som sagt sætter vi nu w=2az+b for at løse ligningen $w^2=d$ hvis vores diskriminant ikke var = 0.

Vi kan nu isolere for z i formlen z=$\frac{w-b}{2a}$. Dog mangler vi stadig at bruge vores viden fra Modulus, Argument og kvadratrod. Vi kan finde frem til diskriminanten og derefter vores løsninger, men vi kan ikke beregne løsningerne før vi har bestemt vores kvadratrod.

Eksempel: Løs 2.gradsligningen $z^2+(2+2i)z+2+2i=0$

a=1

b=2+2i

c=2+2i

Vi finder diskriminanten først:

d=$(2+2i)^2$-1*(2+2i)

$(2+2i)^2$-1*(2+2i)=2+2i

Nu løser vi ligningen w^2=2+2i:

$|2+2i|=\sqrt{2^2+2^2} \approx 2{,}828427$

$$w=\pm\left(\sqrt{\frac{1}{2}(2+2{,}82847)}+i\cdot\sqrt{\frac{1}{2}(2+2{,}82847)}\right)=$$

$$1{,}553780872581459\cdot i+1{,}553780872581459$$

$$og$$

$$(-1{,}553780872581459\cdot i)-1{,}553780872581459$$

vi kan nu bruge formlen $z=\frac{w-b}{2a}$

$z_1=\frac{(1{,}553780872581459\cdot i+1{,}553780872581459)-2+2i}{2\cdot 1}\approx 1{,}77689\cdot i-0{,}2231096$

$z_2=\frac{((-1{,}553780872581459\cdot i)-1{,}553780872581459)-2+2i}{2\cdot 1}\approx 0{,}2231096\cdot i-1{,}77689$

Analyse

Populærvidenskabelig artikel: Illustreret videnskab

Rubrik: Komplekse tal - tal er ikke blot tal!

Underrubrik: er komplekse tal bare et nyt tal i det system vi kender i forvejen? Almindeligt matematik ligger faktisk ikke langt fra det som vi kender som ’’Komplekse tal’’, men komplekse tal åbner nye muligheder.

Hvad er komplekse tal?

Vi kender matematikken fra alle aspekter i vores liv og vores hverdag, men hvad nu hvis matematik kunne være meget mere end bare tal? Der findes et utroligt stort hav a forskellige tal som åbner op for utrolige anvendelser og muligheder. Komplekse tal giver os et indblik i en utrolig verden vi aldrig har set før. Disse ´´tal´´ kan give os et redskab som bliver brugt på utallige måder i den matematiske verden, og giver diverse matematikere mulighed for at løse ligninger vi ikke troede var mulige!

Hvordan beskriver vi et komplekst tal?

Vi kan beskrive komplekse tal som en udvidelse, nemlig en udvidelse af vores reelle tal som vi støder på i hverdagen. Med det menes der at komplekse tal udvides fra reelle tal som vi er vant til at placere på en tallinje i vores normale tal akse. Men når vi så skal placere vores komplekse tal, udvides det i den forstand at vi tilføjer en ny enhed, nemlig den enhed vi kalder for den imaginære enhed også kendt som ´´*i*’’. Nu hvor vi har tilføjet en ny enhed kan vi kombinere vores ordinære reelle tal og vores imaginære enhed så vi kan skabe vores komplekse tal. De komplekse tal beskriver vi som regel i formlen a + b*i hvor a og b er vores reelle tal som vi kender fra matematikken i hverdagen, og i er den imaginære enhed. *i* kan vi også definere som -1.

En af de vigtige måder at beskrive de komplekse tal ved, er ved at finde egenskaberne modulus og argument. Modulus kan forklares så vidt at modulus er afstanden fra tallet til vores nulpunkt, nemlig (0,0) i det komplekse talplan. Vi kan nemt beregne os frem til modulus ved hjælp af matematik vi lærte i folkeskolen, nemlig den fermøse Pythagoras' sætning. Sætningen kan beskrives som at når vi kender sidelængderne a og b kan vi beregne os frem til c, eller i dette tilfælde modulus.

Argumentet kan beskrives som en vinkel fra den reelle akse i vores komplekse plan op mod modulus, når vi beregner argumentet regnes det som regel i enten grader eller radianer.

Kvadratroden af et negativt tal

En af de andre vigtige måder at beskrive komplekse tal på, er ved at beskrive kvadratroden af komplekse tal. Vi kender fra matematik med reelle tal, at vi ikke kan finde kvadratroden af et negativt tal, dog kan vi nu med hjælp af komplekse tal finde kvadratroden af hvilket som helst et tal! Dette skaber helt nye muligheder for beregninger og fremskridt i bl.a. matematik verdenen og fysik verdenen da vi nu kan benytte denne mulighed for at finde kvadratroden af et negativt tal . For at beregne denne kvadratrod af f.eks. -1 som vi ikke har kunne gøre før, kan vi altså skrive det om til et komplekst tal på formen a + b*i. Hvis du ville lære at udregne denne kvadratrod, så se vores eksempel i formelsamlingen!

Andengradslingninger

Vi kan nu med hjælp fra de værktøjer vi har fået fra komplekse tal løse, en andengradsligning med formen $az^2+bz+c=0$. Vi bruger bare den simple formel for diskriminanten som vi kender den fra reelle tal, b^2-4ac til at finde diskriminanten. Dog kan vi nu med hjælp fra komplekse tal finde en løsning selvom vores diskriminant er negativ, det kunne vi nemlig ikke før, da det gældte at hvis diskriminanten var positiv havde vi 2 løsninger, var den 0 havde vi 1 og var den negativ havde vi ingen. Men med viden fra kvadratrødder der negative, modulus og argument kan vi nu finde løsninger selv når diskriminanten er negativ.

Som du kan se, er komplekse tal en særdeles vigtig del af matematikken og har mange anvendelser inde for de matematiske emner og områder, ved at udvide vores talmængde fra blot de reelle tal til nu de komplekse tal åbner vi op for denne helt nye videnunderlige verden. Vi kan nu med de nye værktøjer lagt i værktøjskassen se at komplekse tal ikke blot er et tal, men giver os mulighed for at løse ligninger vi ikke troede var mulige. Så næste gang du ser et komplekst tal, eller bogstavet *i* kan jeg garantere dig at du tænker tal ikke bare er tal, det er langt mere end det!

Danskfaglig analyse af artikel: Illustreret videnskab

Metatekst til artiklen - Komplekse tal - tal er ikke blot tal!

Hensigten med min metatekst er at forklare og gennemgå mine overvejelser i forhold til min populærvidenskabelig artikel, med særlig fokus på mine formidlingsmæssige valg.

Populærvidenskabelige artikler og dens genre

Ideen med en populærvidenskabelige artikel er at formidle et videnskabeligt emne til hvis målgruppe eller modtager som ikke nødvendigvis er fagperson, med det menes der at artikel appellerer altså til et publikum som ikke er ekspert på videnskaben i forvejen. Det er derfor vigtigt for mig som afsender at sørge for at artiklen er i stand til at formidle et svært emne til et bredt publikum uden specifik viden på forhånd, og dermed gøre emnet mere modtageligt. Jeg har igennem min metatekst valgt at fokusere på Ciceros pentagram som tager udgangspunkt i fem faktorer, nemlig emne, afsender, situation, sprog og modtager.

Vinkel og Modtager

Jeg har med henblik i min populærvidenskabelige artikel stræbet efter at min modtager skulle være den typiske læser af magasinet Illustreret videnskab. Med det mener jeg en modtager uden en specifik kompetence indenfor den videnskab der bliver oplyst om i artiklen. Da komplekse tal ikke er et nemt emne at forstå, har jeg derfor prioteret visse dele af materialet for at sørge for at artiklen ikke blev for indviklet og dermed sørge for at modtageren kan læse og forstå artiklen uden nogen specifik kompetence på forhånd.

Afsender

Da jeg som afsender ikke er ekspert på det matematiske område komplekse tal kan jeg virke upålidelig, dog har jeg en bred nok viden til at formidle om emnet til en læser uden specifikke kompetencer indenfor matematik. Da der ikke har været brug for nogen baggrundsviden udover det matematiske niveu man kan forvente af en elev i 9. klasse. Da jeg har brugt henvisninger til eksperter indenfor formlerne som underbyggelse af mine påstande kan man dog konkludere at jeg som afsender er pålidelig.

Sprog og argumentation

Sproget i min populærvidenskabelige artikel er særdeles vigtig, det vigtigste i artiklen er at formidle et svært matematisk emne til en modtager uden specifikke kompetencer i matematik. Derfor er det vigtigt at der bliver brugt et uformel nok stil til at den almindelige læser ikke føler sig skræmt væk eller ikke kan forstå artiklen, dog er det også vigtigt at beholde en formel nok stil da emnet er videnskabeligt og derfor komplekst. Afsenderen har formået at finde en gylden mellemvej hvor stilen virker hverdagsagtig men stadigvæk forholder sig formel nok til at formidle stoffet på korrekt vis. Et eksempel er, *'' Vi kan beskrive komplekse tal som en udvidelse, nemlig en udvidelse af vores reelle tal som vi støder på i hverdagen.''*(ll. 13-14). Her kan vi se at vi får formidlet en del af det matematiske emne samtidig med der bliver lavet referencer til hverdagen i en stil som tilpasser sig omstændighederne. Det fagsprog som bruges i matematikverdenen omkring emnet komplekse tal befinder sig i ikke i en særlig høj grad i artiklen, som afsender har jeg ændret i opbygningen af sætninger og forklaringer af fagligheden for at formidle til et bredere publikum da opbygningen i matematikverdenen kan virke kompleks og kedelig for den almindelige læser. *'' Men når vi så skal placere vores komplekse tal, udvides det i den forstand at vi tilføjer en ny enhed, nemlig den enhed vi kalder for den imaginære enhed også kendt som ''i''.''*(ll. 15-17). her ser vi igen et eksempel på den forsimplet version af en matematisk forklaring, dette giver bedre mening for artiklen for at beholde læserens opmærksomhed. Selvom der bliver brugt en let og delvis uformel tone i artiklen, bliver der stadigvæk brugt fagbegreber til at beskrive i detaljer om anvendelse af de forskellige matematiske begreber for at gøre teksten lettere for læseren at følge med.

Artiklens opbygning og struktur

Jeg har igennem min populærvidenskabelige artikel struktureret den efter at fange læserens opmærksomhed, men også at beholde opmærksomheden. Det har jeg gjort ved at tilføje en stor rubrik med en overskrift, hvor der efterfølgende kommer en underrubrik med en kort introduktion der skal ''Catch'' læserens opmærksomhed. Artiklen er inddelt i en indledning, hovedteksten og en konklusion på artiklen. Udover det indeholder artiklen også en figur af en model og sætning som der bliver formidlet om i artiklen, samt en ''formelsamling'' og en faktaboks. Hovedteksten er skrevet som en brødtekst der er opdelt i to spalter, hvor indledningen indgår i. som afslutning indgår min konklusion i faktaboksen.

Artiklens struktur som bestod af en indledning, hovedtekst og konklusion kan forklares som:

Indledning: opfanger læserens opmærksomhed og skaber nysgerrighed igennem overskriften og underrubrikken, der giver læseren lyst til at finde ud af om komplekse tal faktisk er mere end bare tal.

Hovedtekst: formidle det videnskabelige emne, men samtidig give en relevans for læseren, som giver læseren lyst til at læse videre.

Konklusion: give læseren svaret på overskriften og opsummere artiklen. Dette giver læseren en tilfredshed og giver læseren lyst til at læse en artikel lignende igen.

Appelformer

igennem den populærvidenskabelige artikel bliver der brugt to forskellige appelformer for at appellerer til læseren, den ene appelform der bliver brugt er Etos, hvor man tydeligt kan se at afsenderen har tilføjet en figur med en kendt sætning fra filosoffen Pythagoras. Dette giver et en ide for læseren om at artiklen er troværdig siden filosoffen Pythagoras er kendt for sin viden og sin Pythagoras´ sætning. Udover Etos kan der også argumenteres for at der bliver brugt en anden appelform, nemlig Patos da afsenderen tit refererer til hverdagen som vi kender den. Dette giver læseren en falsk følelse af sikkerhed og komfort da vi som mennesker er trygge ved vores hverdag og hjem. Et eksempel er, *'' Vi kender matematikken fra alle aspekter i vores liv og vores hverdag, men hvad nu hvis matematik kunne være meget mere end bare tal?''*(ll. 1-3). Vi kan se at afsenderen appellerer til vores følelser ved at indblande hverdagen og følelsen af spænding for at finde svaret på spørgsmålet.

Sproglige virkemidler

Der bliver brugt forskellige sproglige virkemidler igennem den populærvidenskabelige artikel, en af de mest anvendte virkemidler i artiklen er overdrivelser. I artiklen bliver der brugt mange forskellige overdrivelser for at overbevise læseren om at artiklen er spændende og værd at læse. Et eksempel på overdrivelser er, *''Komplekse tal giver os et indblik i en utrolig verden vi aldrig har set før.''*(ll. 5-6). Dette giver mening at bruge i en populærvidenskabelig artikel, da modtageren føler at de kommer til at opnå en masse ny og spændende viden. Dette giver modtageren lyst til at blive ved med at læse artiklen og få svar på de spørgsmål der bliver stillet i starten af artiklen. Andre sproglige virkemidler der kommer i spil igennem artiklen, er f.eks. ekspersprog eller fagsprog. Dette giver god mening, da artiklen omhandler et svært matematisk emne som få mennesker har kompetencer indenfor i forvejen. Derfor bliver der anvendt fagsprog med udtryk såsom *''modulus''* eller *''argument''*. Et klart eksempel på dette kunne være, *''Modulus kan forklares så vidt at modulus er afstanden fra tallet til vores nulpunkt, nemlig (0,0) i det komplekse talplan.''*(ll. 23-26). I dette citat ser vi at fagbegreber såsom modulus og det komplekse talplan bliver brugt. Dette giver som sagt mening da emnet er videnskabeligt og normalt bliver omtalt i en formel stil. Dog bliver der stadig brugt en forholdsvis uformel og let stil i artiklen for at gøre artiklen mere tiltrækkende for modtageren.

Et andet virkemiddel bliver brugt er illusioner, eller nærmere sagt figurer. På den første side er brugt en figur der er med til at gøre teksten nemmere for den almindelige læser at forstå. Denne figur illustrerer en sætning i matematikken og gør det nemmere for læseren da de har mulighed for at visualiserer sig hvordan sætningen fungerer i stedet for at læse sig igennem det.

Diskussion

Hvilke virkemidler kan bruges til at formidle svært matematik?

Konklusion

Litteraturliste

https://indidansk.dk/3-appelformer/

https://science-gym.dk/mat/20002010/kompleks.pdf

håndbog til dansk

komplekse tal

https://www.youtube.com/watch?v=qr8C_t5t_fY&t=182s

https://www.youtube.com/watch?v=W4ilE-wE798&t=574s

https://indidansk.dk/sproglige-virkemidler/

Bilag