

# BACHELOROPPGÅVE

Wrights lov – Å føreseie produksjonskostnadar  
Wrights Law – To anticipate production costs

**Kandidatnummer 423 og 417**

Bachelor i økonomi og jus, Sogndal  
Institutt for økonomi og samfunnsvitskap  
Innleveringsdato: 25.05.2022  
Rettleiar: Georg Philip Toney  
Mengd ord: 12 241

## Samandrag

Nøkkelord: Wrights Law, økonomisk modell, produksjonskostnad,

Mengd figur/formel/utrekning: 14/10/12

Mengd vedlegg: 6

**Bakgrunn:** Oppgåvas bakgrunn er interessa for økonomisk føreseing. Dette leda til å undersøke om modellen til Theodore Paul Wright (Wright's Law) er gjeldande på kompleks teknologi. Dette fordi Wright sjølv meinte denne var gjeldande over fleire industrier.

**Hensikt:** Oppgåvas hensikt er å studere om modellen evnar å føreseie framtidige produksjonskostnader hjå ei verksemd som driv med produksjon av kompleks teknologi. På bakgrunn av dette formulerte vi følgjande problemstilling: «Kan vi ved bruk av modellen til Theodore Paul Wright, føreseie framtidige produksjonskostnader i den batteridrevne bilmærknaden?».

**Metode:** Vi har nytta kvantitativ data i form av økonomisk informasjon om kostnader og produksjonsvolum. Nøkkelord ved litteratursøk er ord som «Wright's Law», «Trend», «sustainable» og «battery».

**Analyse:** Frå funna observerte vi at modellen hadde ein god presisjon. Ved korrekt utrekning av variablane såg ein at historisk data følgjer utviklinga som modellen tilseier. Vi observerte to avvik i eit 10 års intervall.

**Diskusjon:** Vi studerte feilkjelder som kunne provosere fram avvika. På bakgrunn av avvika fann vi det naudsynt å setje opp føresetningar for å skape eit rammeverk for konklusjonen. Dette gjorde vi for å auke presisjonen og fjerne risiko.

**Konklusjon:** På bakgrunn av diskusjonen konkluderer oppgåva med at gitt føresetningane til grunn, evnar modellen sitt formål. Føresetningane vi må sette oss frigjer modellen for risiko. Framleis føreseier den produksjonskostnader med presisjon.

## Abstract

Keywords: Wrights Law, Economic model, production cost,

Number of figures/formulas/calculations: 14/10/12 Number of appendixes: 6

**Background:** The bachelor thesis' background is rooted in the interest for economic prediction. This led to the study of Theodore Paul Wright's model (Wright Law), and if it is applicable to complex technology. This because Wright proposed his model was applicable to a wide range of industries.

**Aim:** The purpose is to study the model's ability to anticipate future production costs within a company that's involved with production of complex technology. Because of this we formulated the following issue: "Can we by applying the model of Theodore Paul Wright, anticipate future production cost in the battery powered car market?".

**Method:** We used quantitative data in the shape of economical information about production cost and volume. Keywords such as "Wright's Law", "Trend", "sustainable" and "battery" were used during literature search.

**Analysis:** From our finds we observed that the model had an acceptable precision. By correct calculation of the variables, we could see that historic data aligned with the model. We observed two deviations on a ten-year interval.

**Discussion:** We studied sources of error that could provoke deviations. On the background of the deviation, we found it necessary for assumptions to create a framework for the conclusion. We did this to increase the precision and reduce risk.

**Conclusion:** Rooted in the discussion, the thesis concluded that given the assumptions, the model is applicable. Although the assumptions protect the model from risk, we cannot deny its precise predictive ability.

## Forord

Denne bacheloroppgåva markerer avslutninga for studia våre i økonomi og jus, ved Høgskulen på Vestlandet. Oppgåva har vore omfattande og avansert, men framleis interessant og lærerik. Etter seine kveldar og mykje kaffi, kan vi sjå oss ferdig med arbeidet. Det har vore ei krevjande tid, men oppgåva har vore ei flott avslutning for eit ekstraordinært studieløp. Erfaringar vi har gjort oss gjennom oppgåva, kombinert med det vi har lærd gjennom utdanninga, ser vi som verdifulle lærdommar som vi håper å dra nytte av i eit komande arbeidsliv.

Til slutt vil vi takke rettleiaren vår, Georg Philip Toney ved HVL i Sogndal, som har vore til god hjelp med sin faglege kompetanse og framanfrå tilnærming til problemstillinga. Philip har kome med gode innspel og tilbakemeldingar gjennom arbeidet, og styrt oss i riktig retning i tider der vi var usikker.

Sogndal, 25. mai, 2022.

## Innholdsfortegnelse

<b>Samandrag</b> .....	<b>2</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>Forord</b> .....	<b>4</b>
<b>Figur-, formel- og utrekningsoversikt</b> .....	<b>7</b>
<b>1.0 Introduksjon</b> .....	<b>9</b>
1.1 Bakgrunn for oppgåva.....	9
1.2 Formål.....	9
1.3 Problemstilling.....	10
1.3.1 Avgrensing av problemområdet.....	10
1.4 Oppgavas struktur.....	10
<b>2.0 Teori</b> .....	<b>11</b>
2.1 Vår egne modell.....	11
2.1.1 Eksemplar frå nyare modningsprosessar som følger Wrights Lov .....	13
2.2 Teknologisk utvikling for økonomar.....	15
2.3 Fordelar ved å bruke Wrights Lov .....	19
2.4 Wrights modell i praksis.....	20
2.4.1 Wrights parameter «a».....	22
2.4.2 Kumulativ Produksjon «Q <sub>c</sub> ».....	22
2.4.3 Wrights variabel «X».....	23
2.4.4 Wrights parameter «b» .....	25
2.5 Adopsjon av ny teknologi i bilmarknaden .....	29
<b>3.0 Metode</b> .....	<b>31</b>
3.1 Hensikt ved undersøkinga .....	31
3.1.1 Hensikt ved vår oppgåve .....	32
3.2 Metode.....	32
3.2.1 Val av metode.....	32
3.3 Forskingsdesign.....	33
3.3.1 Aktuelle forskingsdesign .....	33
3.3.2 Val av forskingsdesign .....	34
3.4 Relevante verksemdar i elbilmarknaden.....	34
3.4.1 Val av verksemd .....	35
3.5 Datainnsamling .....	35
3.6 Gyldigheit og pålitelegheit .....	35
<b>4.0 Analyse</b> .....	<b>37</b>
4.1 Parameterane til Wrights lov anvendt på Tesla .....	37
4.2 Teslas parameter anvendt på Wrights modell .....	39
4.3 Kor nøyaktige er modellen sine estimeringar?.....	41
4.4 Korleis føreseier Wrights modell kostnader vidare inn i framtida? .....	42

<b>5.0 Diskusjon</b> .....	<b>46</b>
5.1 Avvik ved vår modell .....	46
5.1.1 Korleis kan vi bestemme om Wrights lov er godt egna? .....	47
5.2 Korleis kan ein forstå avvika? .....	47
5.2.1 Ekstern verknad på avvika .....	47
5.2.2 Intern verknad på avvika .....	48
5.2.3 Kan vi endre forholda til fenomenet for å eliminere avvika? .....	48
5.2.4 Potensielt optimale endringar .....	48
5.3 Stemmer våre utrekningar? .....	49
5.3.1 Parameteren «a» .....	49
5.3.2 Parameteren «b» .....	49
5.3.3 Variabelen «X» i periode 10.....	50
5.3.4 Auken i framtidig bilproduksjon .....	51
5.3.5 Variabelen «X» i periode 19.....	51
5.3.6 Wrights lov føreseiing av produksjonskostnader.....	52
5.4 Feilkjelder .....	52
5.4.1 Føresetningar på bakgrunn av feilkjelder .....	54
5.5 Drøfting .....	54
5.5.1 Å føreseie med ein spesifikk «n» verdi .....	55
5.5.2 Å føreseie med ein spesifikk «X» verdi.....	55
5.5.3 Å føreseie i sin heilheit.....	55
<b>6.0 Konklusjon</b> .....	<b>57</b>
<b>Referanser</b> .....	<b>59</b>
<b>Vedlegg</b> .....	<b>61</b>
<i>Vedlegg Teori</i> .....	61
VEDLEGG 1: Eksemplar på X-verdiar ein kan nytte i analyse .....	61
VEDLEGG 2: Eit mindre eksempel til datasett .....	61
VEDLEGG 3: Likninga visualisert .....	62
<i>Vedlegg Metode</i> .....	63
VEDLEGG 4: Tesla sine kvartalsrapporter sortert i eit datasett.....	63
VEDLEGG 4: Første halvdel av datasettet.....	64
VEDLEGG 4: Andre halvdel av datasettet.....	65
<i>Vedlegg Analyse</i> .....	66
VEDLEGG 5: Kostnad per bil. Reelle tall / Wrights lov.....	66
VEDLEGG 5: Første halvdel: datasett .....	66
VEDLEGG 5: Andre halvdel: visualisering av datasett .....	67
VEDLEGG 6: Økning i produksjon inn mot 2030, Tesla.....	67

## Figur-, formel- og utrekningsoversikt

Figur 2.1: Wrights Law

Figur 2.2: Batterikostnad per kWh

Figur 2.3: Li-ion batteri prognose

Figur 2.4: Wrights lov vs. Moores lov

Figur 2.5: Potensfunksjon

Figur 2.6: Eksponentiell funksjon

Figur 2.7: Eksempel på Wrights modell ved mengd

Figur 2.8: Eksempel på Wrights modell ved tid

Figur 3.1: Elbilaktører

Figur 4.1: Teslas parameter anvendt på Wrights modell, periode 10.

Figur 4.2: Produksjonskostnad periode 10 estimert av Wrights modell.

Figur 4.3: Wrights estimering vs. verkelege tal.

Figur 4.4: Teslas parameter anvendt på Wrights modell, periode 19.

Figur 4.5: Produksjonskostnad periode 19 estimert av Wrights modell.

Formel 2.1: Wrights lov

Formel 2.2: Wrights lov eksempel

Formel 2.3: Gjennomsnittskostnad for ein eining fyrste år i drift

Formel 2.4: Kumulativ produksjon forenkla

Formel 2.5: Kumulativ produksjon

Formel 2.6: Wrights variabel «X»

Formel 2.7: Formel for læringsrate

Formel 2.8: Formel for parameter «b»

Formel 2.9: Eksempel på Wrights modell

Formel 4.1: Wrights lov med Teslas verdi for parameter «a» og «b»

Utrekning 2.1: Utrekning for «X»

Utrekning 2.2: Y i periode 1

Utrekning 2.3: Eksempel ved  $X > 1$

Utrekning 2.4: Utrekning av læringsraten

Utrekning 2.5: Kontroll mot datasett

Utrekning 2.6: Utrekning for parameter «b»

Utrekning 2.7: Kontroll av parameter «b» opp mot formel 2.1

Utrekning 4.1: Parameter «a» hjå Tesla

Utrekning 4.2: Utrekning av læringsraten hjå Tesla

Utrekning 4.3: Utrekning av parameter «b» hjå Tesla

Utrekning 4.4: Utrekning av Tesla sin verdi for parameter «X» i periode 10

Utrekning 4.5: Utrekning av Tesla sin verdi for parameter «X» i periode 19



## 1.0 Introduksjon

Dette kapittelet gir ein kort introduksjon av kva oppgåva skal handle om. Kapittelet tek føre seg bakgrunn for oppgåva, kva formål vi har med å gjennomføre denne oppgåva samt problemstillinga og oppgåvas struktur.

### 1.1 Bakgrunn for oppgåva

Theodore Paul Wright gav i 1936 ut artikkelen «Factors affecting the cost of airplanes» (Wright, 1936) I artikkelen skildrar Wright framgangsmåten for å redusere produksjonskostnadane for fly, og viste til bilindustrien sin liknande reduksjon i produksjonskostnadar. Artikkelen la grunnlaget for det som i dag er kjent som «Wrights Law». Den enkle måten å forstå denne lova på er «we learn by doing».

I prinsipp fortel lova oss at ein kvar industri vil tileigne seg erfaring i produksjonsprosessen av sitt produkt, slik at for kvar prosent auke i kumulativ produksjon vil kostnaden for å produsere kvar nye eining falle med ein konstant prosent. Ordet «kumulativ» som i «kumulativ produksjon» er det difor viktig å forstå. Kumulativ betyr «oppnopande», og er eit generelt ord for noke som bygger seg opp over tid eller i periodar (Gundersen, 2021).

Vi synes dette var spesielt interessant då vi står midt i eit grønt skifte. Det grønne skiftet vil medføre eit ras av ny teknologi som skal eller allereie er på veg gjennom ein modningsprosess. Det vi ville undersøkje er om den nye teknologien og kostnadene på den kan regnast på ved å følgje lova til Theodore P. Wright frå år 1936.

I denne oppgåva har vi valt å bruke data frå produksjon av elbilar då dette er ein kompleks teknologi vi ser har sterk vekst i mengd produserte einingar per år. Elbilar er samansett av fleire greinar av ny og banebrytande teknologi, der til dømes batteri.

### 1.2 Formål

Formålet med denne oppgåva er å få ein klårare forståing for korleis ein kan bruke Wrights Lov til å føreseia kostnaden for nyare teknologiske løysingar som batteridrevne bilar. Dette vil kunne vise oss kva teknologi – og kva selskap – ein burde satse på gjennom det grønne

skiftet. Vi vil klare å modellere produksjonskostnader fram i tid, og følgjeleg sjå korleis produksjonskostnader på batteridrevne bilar vil utvikle seg inn mot framtida.

### 1.3 Problemstilling

For oppgåva har vi utforma følgjande problemstilling

*«Kan vi ved bruk av modellen til Theodore Paul Wright, føreseie framtidige produksjonskostnader i den batteridrevne bilmagnaden?»*

#### 1.3.1 Avgrensing av problemområdet

Det er naudsynt å avgrense oppgåva, dette fordi Theodore Wright sjølv meiner at lova hans gjeld ein kvar type industri. Vi har valt å sjå på «Wrights Law» spesifikt satt opp mot el-bilproduksjon som nyare teknologi. Vi ser dermed bort frå produksjon hos selskap som og har fokus på fossil-, hydrogen- og hybridbilar, samt andre nyare teknologiar i bilmagnaden som ikkje er fullstendig el-fokusert.

### 1.4 Oppgåvas struktur

Oppgåva er bygga opp av fem forskjellige kapittel: Introduksjon, Teori, Metode, Analyse og Diskusjon. Introduksjonen gir ei innleiing til oppgåva, samt bakgrunnen for kvifor vi har valt å sjå på dette temaet. Teorien skildrar alt som vil bli relevant for vår oppgåve gjennom analysen og diskusjonen. Etter teorien legg vi fram metoden for forkinga. Vi vil derfrå anvende vår teori på eit spesifikt tilfelle utvalt i metode kapittelet. Etter dette er gjort vil vi analysere vårt tilfelle og presentere funna i diskusjon med kritisk refleksjon. Vi vil derav konkludere med å svare på vår problemstilling.

## 2.0 Teori

Kapittelet vil skildre dei viktigaste omgrepa og teoriane vi skal nytte i analyse og drøftingsdelen. Denne delen legg vekt på å introdusere den økonomiske modellen Theodore P. Wright gav ut i 1936, samt skildre relevante tilfelle der den kan bli brukt i dag. Seinare i kapittelet vil det bli demonstrert i praksis korleis ein nyttar modellen til Wright, samt forklaring av variablar og parameter naudsynt for å forstå modellen.

### 2.1 Vår egna modell

Vårt utgangspunkt for denne oppgåva er modellen utleia frå artikkelen som Theodore Paul Wright gav ut i år 1936. Modellen er og kjent som «The learning curve» eller «The Experience Curve» (Cyr, 2007; Henderson, 1973). I vår oppgåve vil denne modellen heretter bli referert til som «Wrights lov».

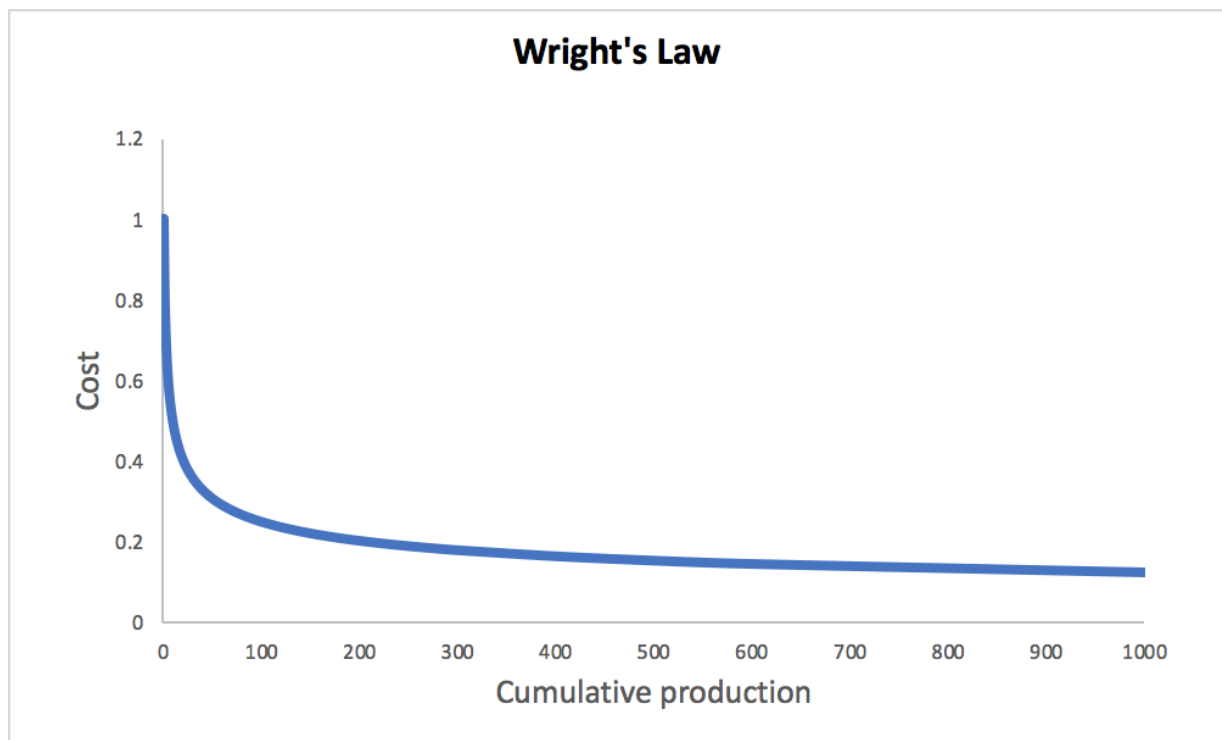
Theodore Paul Wright var utdanna luftfartsingeniør ved Lombard College. Faren til Theodore, Philip Green Wright var økonom. Theodore var difor svært opptatt av det økonomiske aspektet i produksjon av fly. I artikkelen «Factors affecting the cost of airplanes» forklarar han alle dei tenkelege faktorane som inngår i produksjonen av fly. Desse faktorane var kostnad for arbeid, kostnad for materiale, effektivitet, bruk av maskineri i produksjon og svinn i form av materiale. Når han kombinerte alle desse faktorane såg han at kostnaden per produserte fly vart mindre når det totale volumet av produserte fly auka. Meir spesifikt såg han at for kvar kumulative dobling i produserte einingar førte med seg ein konstant reduksjon i produksjonskostnad per eining. Han peikte på at det her var ein intern læringskurve i produksjonsmetodikken som auka effektivitet, samtidig var det eit eksternt forhold til leverandørar som pressa materialkostnaden ned (Ark Invest, 2021).

På bakgrunn av dette kom han fram til definisjonen av Wrights lov, som er «*for every cumulative doubling of units produced, costs will fall by a constant percentage*». Altså vil produksjonskostnaden reduserast med ein konstant sats for kvar kumulative dobling i produserte einingar.

I nyare tid har forskarar lagt merke til at denne modellen, i motsetning til andre økonomiske modellar, består over tid. Dette har ført til at institutt som NASA har lagt Wrights lov til grunn i si eiga forskning (Cyr, 2007).

Wrights har i nyare tid blitt adoptert av kapitalforvaltningsfirma som til dømes Ark Invest for å prøve å kartlegge og eventuelt føreseie framtidige produksjonskostnadar for nyare teknologi (Winton, 2019).

Wrights lov kan bli illustrert med kostnad på Y-aksen og kumulativ produksjon på X-aksen, som vist i «Figur 2.1» (Araújo, 2018).



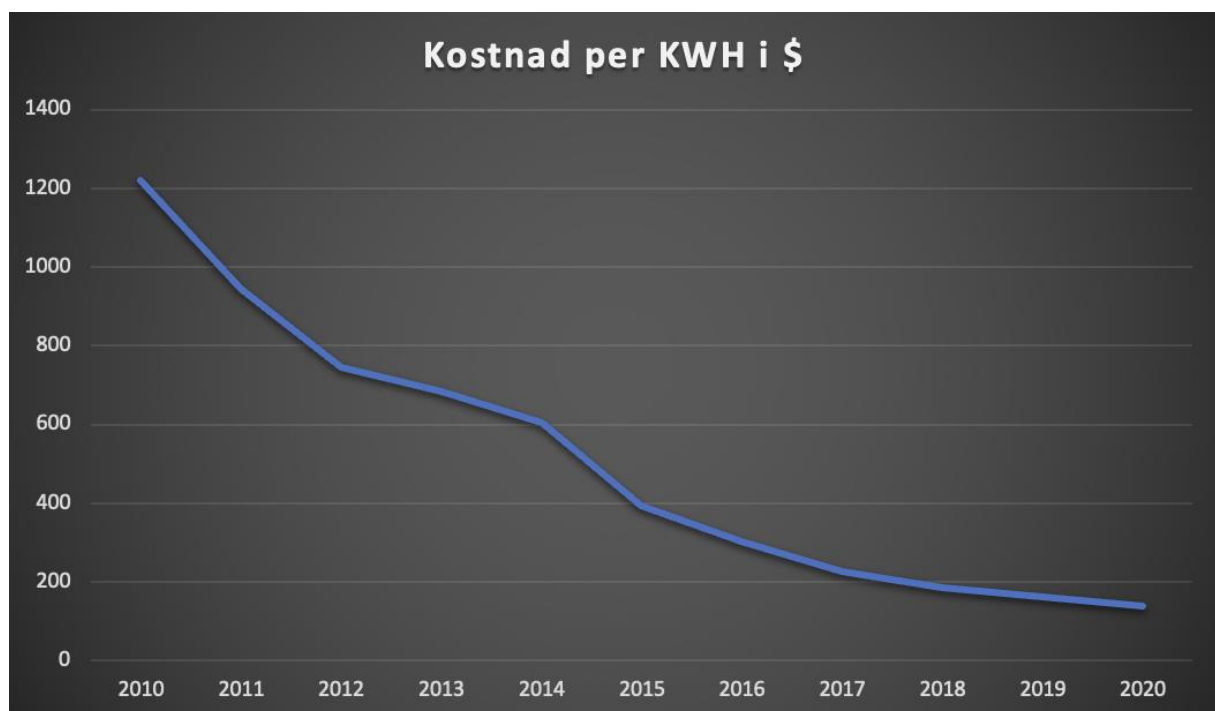
Figur 2.1: Wrights lov

Kostnaden gjennomgår ein rask reduksjon i starten av kurva, der reduksjonen i kostnad minkar ved auke i mengd produsert. Årsaka til reduksjonen er den kumulative auken i produksjonen. Reduksjonen i kostnad ved auke i produsert mengd er den same i intervallet 1 til 2, og 64 til 128. Etter lang tid i produksjon vil den kumulative doblinga førekome ved større intervall. Grunna dette vil Wrights lov alltid ha eit markant fall i starten, og flate ut når X går mot uendeleg. Dette kjem av at tileigning av kunnskap og erfaring i produksjon vil vera størst i startfasen. Dette synar og likninga til Wrights Lov, som er ein eksponentielt antakande potensfunksjon « $Y = aX^b$ » der « $b < 0$ » (Policonomics, 2017).

### 2.1.1 Eksemplar frå nyare modningsprosessar som følgjer Wrights Lov

Theodore Wright meinte at lova han formulerte skulle dekkje produksjon av eit kvart vilkårleg produkt. For å syne dette har vi vald å sjå nærmare på ein modningsprosess i nyare – og meir kompleks – teknologi. I dette del-kapittelet skal vi sjå nærmare på batteriteknologi.

Jim McDowall publiserte i år 2000 ein artikkel kvar han skildrar batteriteknologi som «for dyr» til å kunne nyttast i større skala. Her fortel forfattaren om kostnaden til ulike batteri som Ni-Cd, VRLA, Ni-MH og Li-Ion. Mot slutten av artikkelen har han framleis ein føresetning om at prisen på desse teknologiane vil reduserast med innovasjon (IEEE, 2002). Forfattaren berekna ikkje hyppigheita til innovasjonen gjennom auke i produsert mengd. For ein kvar bedrift er det eit elementært økonomisk insentiv som ligg i grunn. Dersom ein ikkje tener pengar på produktet vil ikkje verksemda starte opp produksjon. På bakgrunn av dette var det lite innovasjon i batteriteknologi før det blei på alvor satt i gong produksjon av heilelektriske bilar. I «Figur 2.2» ser vi korleis kostnadane er å sjå i modninga av batteriteknologien i perioden 2010 til 2020 (Lee, 2021).



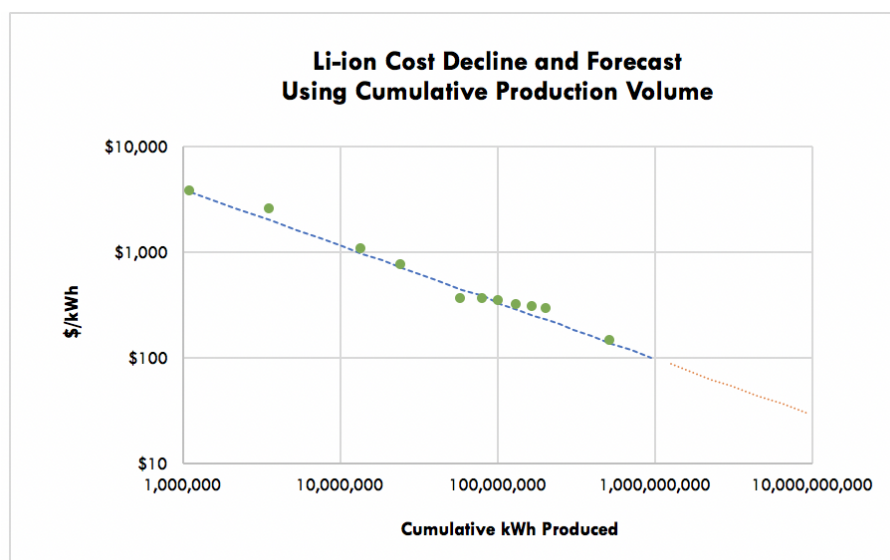
Figur 2.2: Batterikostnad per kWh

I mai 2011 fortalte toppleiinga i General Motors at dei, i samband med «U.S. department of energy», skulle gjennomføre ei større satsing på batteriproduksjon til elbilar. Prosjektet vart

kalla «GM Li-Ion Battery Pack Manufacturing». Innarbeida i prosjektet var ein plan om korleis dei skulle skalere batteriproduksjonen slik at dei kunne møte etterspurnaden etter elbilar i marknaden (Trumm, 2011).

«National Renewable Energy Laboratory» publiserte eit halvt år seinare ein artikkel som skildra ein prognose for reduksjon i produksjonskostnad per kWh batteri. Dei antok ein reduksjon på 70% i perioden 2010-2015. Resultatet i perioden var ein reduksjon på 61%. I artikkelen tok dei utgangspunkt i ein kostnad per kWh på \$1000. Den realistiske prisen per kWh var på tidspunktet nærmare \$950. Noko som gir ein faktisk reduksjon på 59% (Pesaran & Neubauer, 2011).

Batteriproduksjon er eit typisk eksempel på ein ny teknologi der Wrights lov kan bli anvendt. Om Wrights lov kunne føreseie ein meir nøyaktig reduksjon i kostnad enn «National Renewable Energy Laboratory» er vanskeleg å seie, men å basere ein slik type utrekning med grunnmur i produserte einingar slik Wrights modell gjer er mogleg. Dette ser vi i eit tilfelle frå Ark Invest vist i «Figur 2.3» der dei nyttar Wrights lov og samanliknar med eigentlege kostnader knytt til batteri.



Source: ARK Investment Management LLC, 2018; IEA, Bloomberg New Energy Finance, Avicenne Energy

Figur 2.3: Li-ion batteriprognose

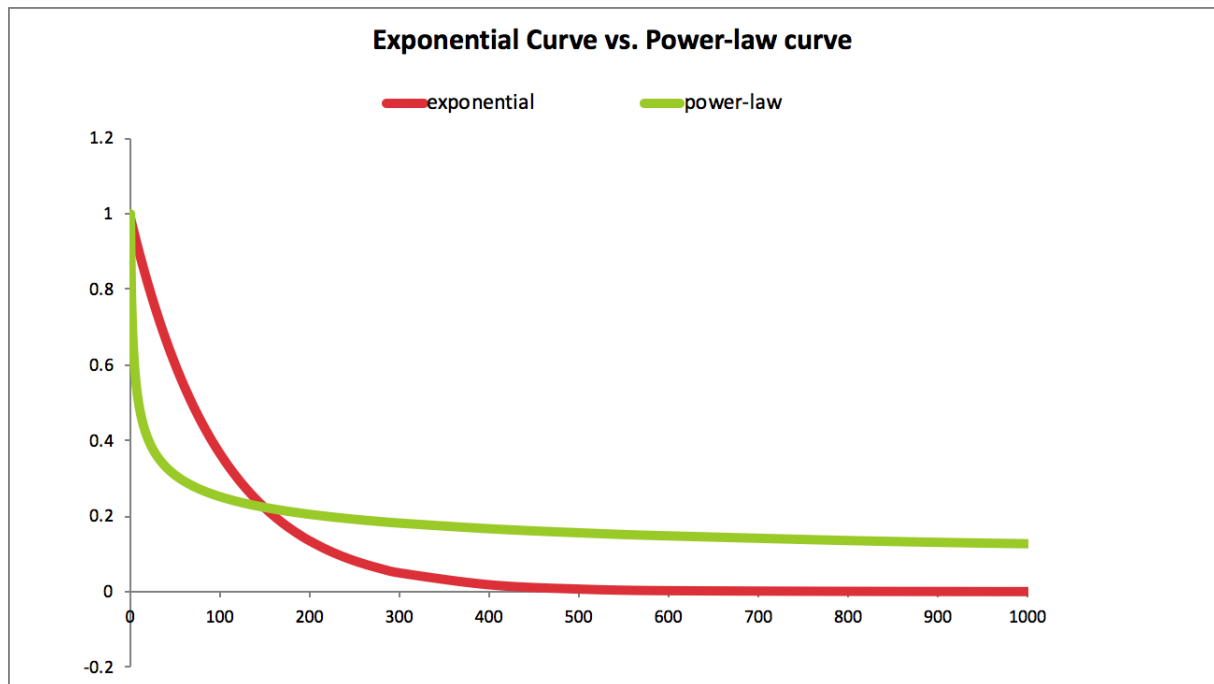
I «Figur 2.3» er det nytta ein transformasjon som gjer at kvart steg på x, og y-aksen er skalert likt. Kvart steg i kvar retning på både x, og y-aksen aukar verdien med ein faktor på 10. Dette gjer grafen lineær, og difor enklare å forstå. Den stipla linja er kostnadane Wrights lov predikerer, mens dei grønne punkta er dei faktiske kostnadane for batteri. «Figur 2.3» synar at batteriproduksjon følgjer Wrights lov med små avvik (Winton, 2019).

## 2.2 Teknologisk utvikling for økonomar

Innovasjon betyr å skape noko nytt, eller å gjera vesentlege endringar på eksisterande produkt. Gitt definisjonen er det vanskeleg å modellere innovasjon, samtidig som at det er eit større element av usikkerheit rundt teknologisk utvikling og innovasjon. Ein stor del av denne usikkerheita heng saman med dårleg forståing av teknologi (Hagen, 2019). Dette fører til at ein får eit uføreseieleg bilete av kva som vil skje i framtida. Eit relevant eksempel i dagens samfunn er korleis innovasjon innan teknologi for energiproduksjon, oppbevaring og distribusjon spelar inn mot det grønne skiftet.

Økonomar sine bidrag til ein betre forståing av den teknologiske utviklinga kjem i form av modellar som kan føreseie kva utvikling teknologiar gjennomgår, samt utarbeiding av kor mykje teknologien vil koste i framtida. Det er to kjende økonomiske modellar som vert anvendt på teknologi, produksjon og utvikling av produkt av forskarar ved MIT og Santa Fe (Chandler, 2013). Desse modellane er «Wright's Lov», og «Moore's Lov». Moore's lov er ein alternativ økonomisk modell som nyttast for å føreseie framtidig datakraft (Araújo, 2018; Gianfagna, 2021). Wright's lov nyttar den kumulative produksjonen av einingar til å føreseie framtidige produksjonskostnader for produktet. Moore's lov nyttar tid som ein måleining for auken av transistorar sin effektivitet, og mengd transistorar på ein chip. Ein transistor kan forsterke, generere eller kutte signal i ein elektronisk komponent. Moore's lov modulerer denne auka i transistorars effektivitet og tettleik. På denne måten klarer Moore's lov å føreseie framtidige kostnader for ulike produkt som nyttar transistorar. Føreseiingane til Wright's lov

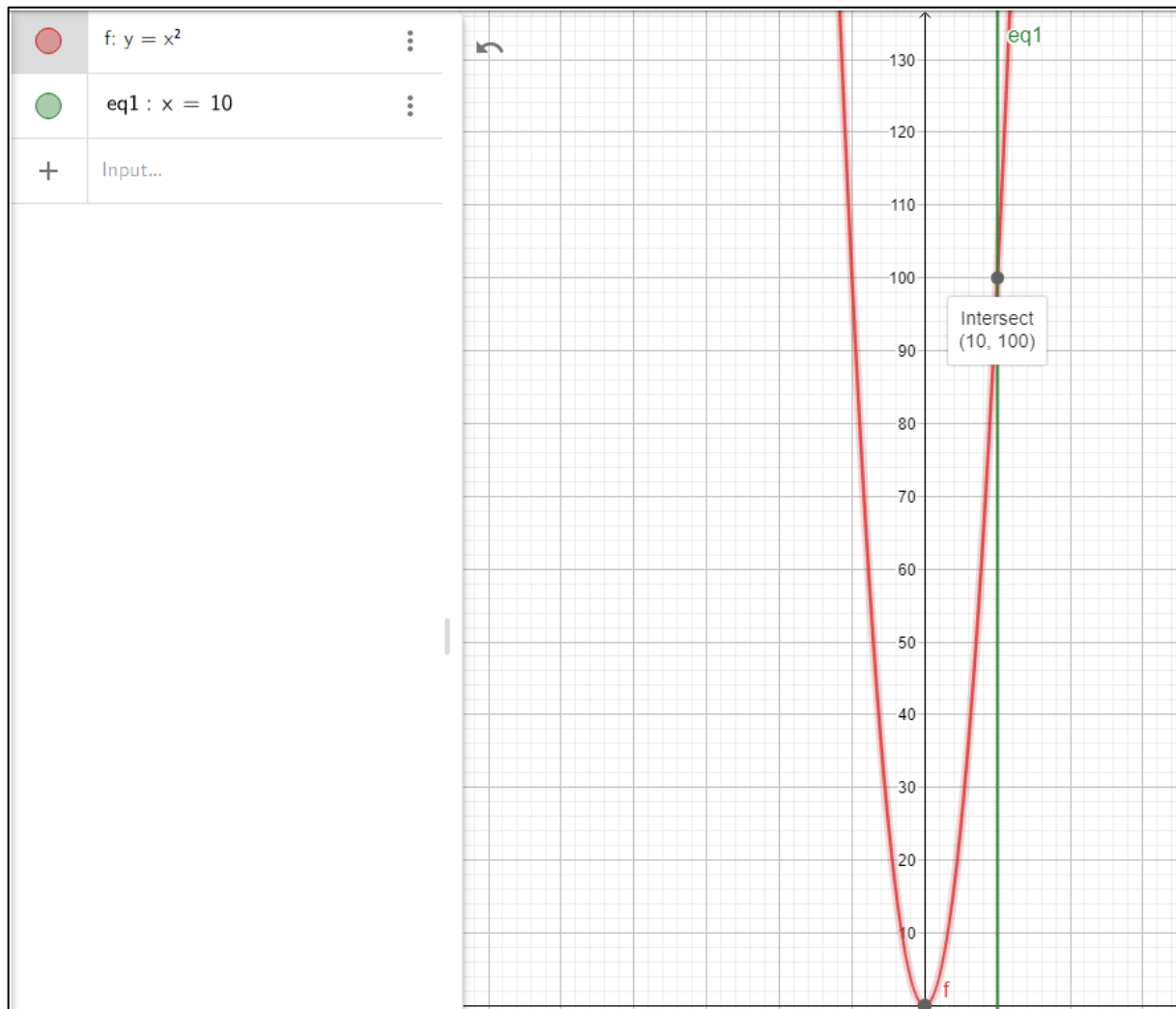
og Moores lov sett opp mot kvarandre er illustrert i «Figur 2.4» (Araújo, 2018). I «Figur 2.4» er Wrights lov markert grøn og Moores lov er markert raudt.



Figur 2.4 Wrights lov vs Moores lov:

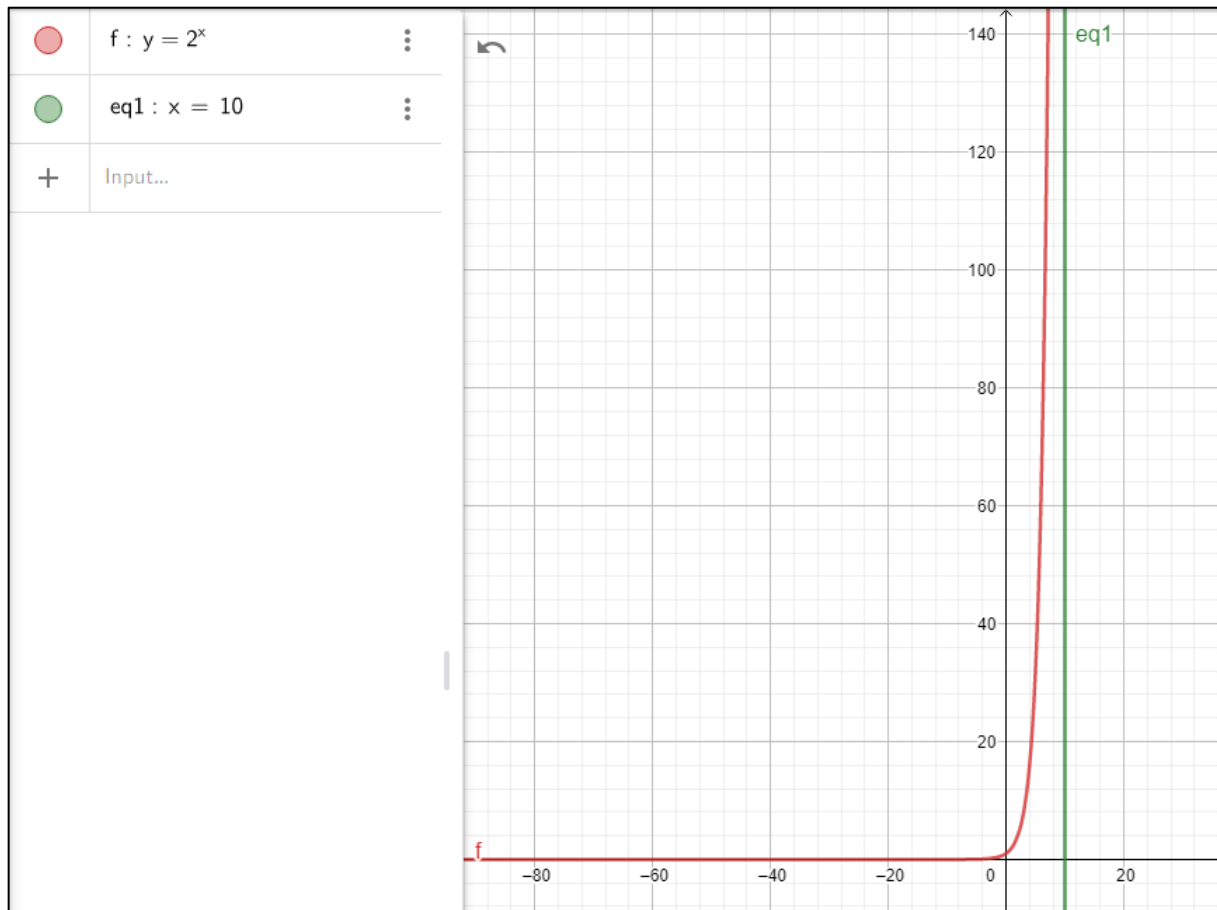
I motsetning til Wrights lov som er ein potensfunksjon, er Moores lov ein eksponentiell funksjon. Moores lov føreseier ein dobling i datakraft kvart andre år, medan Wrights lov føreseier eit konstant prosentvis fall ved ein dobling i kumulativ produksjon. I ein potensfunksjon opphøyes variabelen i ein konstant, mens i ein eksponentiell funksjon opphøyes ein konstant i ein variabel. Dette betyr at i Wrights lov vil variabelen alltid ha den «same» eksponenten, da eksponenten i ein potensfunksjon er konstant. Potensfunksjonen vil difor ikkje vil «ta av» i lik grad som ein eksponentiell funksjon ved eit auke i «x».





Figur 2.1: Potensfunksjon

I «Figur 2.5» nyttar vi ein potensfunksjon « $Y = x^2$ », der eksponenten er ein konstant. Vi set « $x$ » = 10, og ser at kryssingspunktet er følgjande « $y = 100$ ». Utrekninga blir « $10^2 = 100$ ». For å syne differansen mellom ein potensfunksjon som Wrights lov tek i bruk og ein eksponentiell funksjon som Moores lov tek i bruk, lager vi ein ny likning der eksponenten er variabel.



Figur 2.2: Eksponentiell funksjon

I «Figur 2.6» nyttar vi ein eksponentiell funksjon « $Y = 2^x$ », der eksponenten er variabel. Vi set « $x$ » = 10, og ser at krysningpunktet er følgjande « $y = 1024$ ». Utrekninga blir « $2^{10} = 1024$ ». Her får likninga ein mykje høgare verdi. Det same prinsippet mellom desse funksjonane gjeld også dersom eksponenten er av negativ verdi slik vi ser i «Figur 2.4».

Forskarar ved MIT og Santa Fe har gjennomført studien «Statistical basis for predicting technological progress». Studien forska på Wrights lov samt Moores lov, og såg på presisjonen til desse opp mot 62 forskjellige teknologiske områder (Nagy, Farmer, Bui, & Trancik, 2013). Her har forskarane konkludert med at lovene har ein god presisjon. I studiet produserte Wrights lov presise tall, med Moores lov hengande litt bak. Dette er spesifikt kommentert under seksjonen «results and discussion»: *“Recent work, however, has demonstrated super-exponential improvement for information technologies over long time spans [24], suggesting that Moore's law is a reasonable approximation only over short time spans.”* (Nagy, Farmer, Bui, & Trancik, 2013). Her refererer dei blant anna til at Moores lov tidlegare forventar ein dobling i transistor-krefter kvar 24 månad, til dagens nye forventning

på 18 måneder. Dette er ikkje ein konstant trend då tidsperspektivet syner seg å endrast delvis over tid. Med grunnlag i studien kan vi fastslå at Wrights lov er den mest presise modellen av dei to for å føreseie framtidige kostnader i ny teknologi, og spesielt på lenger sikt.

### 2.3 Fordelar ved å bruke Wrights Lov

Det vi vurderer som Wrights lov sin største fordel ovanfor til dømes Moores lov er skilnaden i variablane. Moores lov nyttar tid, medan Wrights lov nyttar produsert mengd. Tid er ein vanskeleg variabel å føreseie med stor presisjon då makroøkonomiske krefter og konsekvensar kan gi utspel som er vanskeleg å ta høgde for. Samtidig er tid ein variabel som gjer til at ein må sjå på effektivitet og produktivitet. Dette har gitt utslag i endringa av intervallet til Moores lov. Produsert mengd er enklare å forhalda seg til då dette er uavhengig av makroøkonomiske krefter. Då Wrights lov nyttar produsert mengd kan det vera enklare å føreseie med større presisjon kva produksjonskostnaden vil bli ein gong i framtida.

Sjølv om Wrights modell kan erklære seg uavhengig av tid som variabel, er dette framleis noko ein ikkje kan avskrive. Wrights lov er avhengig av å vite auken i produksjon dei komande åra for å klare å føreseie ein presis produksjonskostnad i eit spesifikt år. Her er det naudsynt å anta ein prosentvis auke i produksjonen, frå år 1, til år 2, til år 3, og dermed komme med eit anslag. Satsen ein finn burde ein vera kritisk til. Dersom ein bedrift er avhengig av ein slik analyse for produksjonskostnader burde det kalkulerast inn risikoen for ein potensielt lågare produksjon i periodar.

Wright's lov har og ein fordel i at den kan skrivast som ein relativt simpel likning. Det er difor i praksis enkelt å nytte modellen, for så å visualisere kurva i ulike digitale verktøy. For å forstå korleis ein gjer dette må ein hente ut verdiane til parameter i likninga ved bruk av eit datasett og rekning.

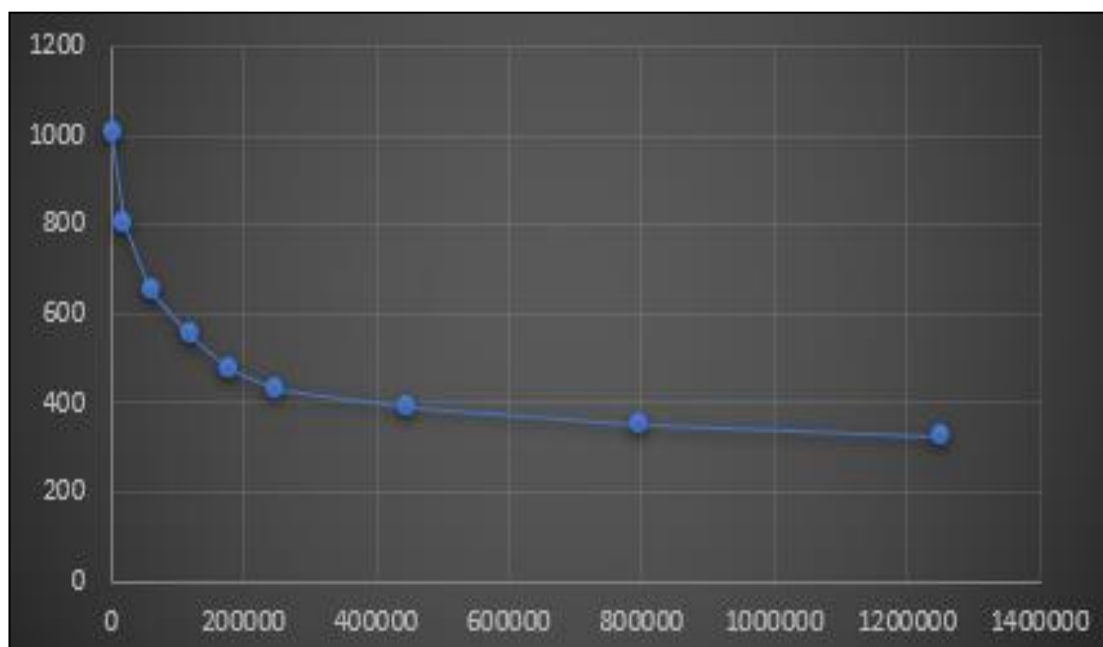
## 2.4 Wrights modell i praksis

I modellen til Wrights lov har vi 2 ukjente parametrar «a» og «b», og ein ukjent variabel «X». Ved bruk av modellen er målet å setje ein verdi på «Y». «Y» er produksjonskostnaden for å produsere ein eining. Dersom Wrights Lov sin likning vert anvendt på eit selskap som produserer mobiltelefonar, vil «Y» vera kva det kostar å produsere ein telefon, gitt dei andre variablane og parametrane (Policonomics, 2017; Ark Invest, 2021). Den generelle likninga til modellen er vist i «Formel 2.1».

$$Y = aX^b$$

Formel 2.1: Wrights lov

Dette er ein potenslikning som har ein fallande kurve, som blir vist ved at stykket har eksponenten «b» med føresetnad om at  $b < 0$ . Grunnen til at  $b < 0$  i modellen er at einingskostnaden skal være fallande, når produksjonsmengda auka. Det er to måtar å framstille Wrights lov i figur. Standardversjonen er der prisen på produktet ligger på y-aksen, og «X» verdien ligger på x-aksen.



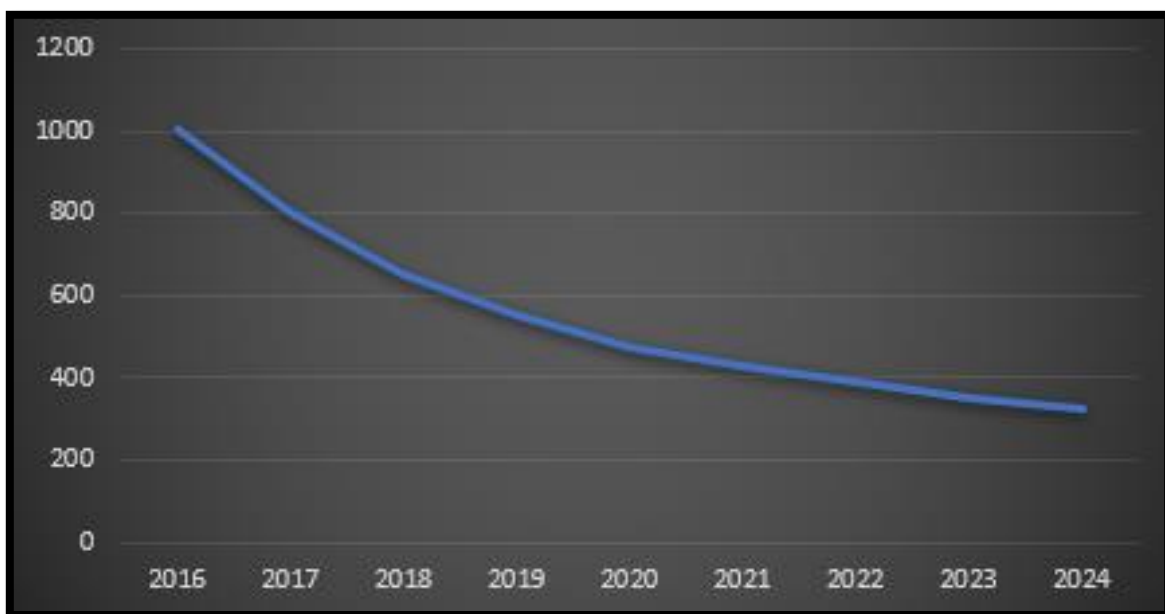
Figur 2.3: Eksempel på Wrights modell ved mengd

«Figur 2.7» er eit eksempel vi har laga for å illustrere Wrights modell ved mengd. I «Figur 2.7» visualiseres den fallande effekten på prisen, som resultat av eit auke i kumulativ produksjon. Ein typisk ferdigskreven likning for å syne dette i eit dataverktøy er vist i «Formel 2.2».

$$Y = 1000 * x^{-0,2}$$

*Formel 2.2: Wrights lov eksempel*

Den andre måten å framstille Wrights lov på er pris på y-aksen, med årstal på x-aksen som vist i «Figur 2.8». For å kunne framstille denne versjonen må den kumulative produksjonen av einingar plasserast årvis inn i datainnsamlingen. Denne presentasjons-metoden er difor best egna å setje i stand i Excel.



*Figur 2.8: Eksempel på Wrights modell ved tid*

Grunnen til at ein vil ta i bruk modellforma i «Figur 2.8», er at det kan vera enklare å finne ut kva år eit avvik har oppstått mellom Wrights modell, og reelle tall. Ved bruk av denne informasjonen kan ein finne ut kva som har skjedd i det eventuelle året som har forårsaka at likninga vikar frå det faktiske tilfellet.

### 2.4.1 Wrights parameter «a»

I Wrights lov er «a» den første parameteren. Definisjonen på «a» er produksjonskostnaden på den første produserte eininga. Dersom vi skal setje i verk ein analyse av ei hypotetisk verksemd med Wrights Lov frå eksempelvis 2016-2036, må vi setje «a» lik gjennomsnittskostnaden for eit produkt i 2016. Dette vil vi gjere då 2016 er det året verksemda starta produksjonen sin. Gitt at det første året i drift er det året produksjonen startar, er det denne perioden ein må leggje til grunn ved utrekning av «a».

Gjennomsnittskostnaden per produkt vert rekna ut som dei totale produksjonskostnadene i perioden ( $C_n$ ) dividert med mengda produserte einingar i perioden ( $Q_n$ ), der «n» er mengd periodar. Ved utrekning av «a», er alltid «n» = 1. Likninga er vist i «*Formel 2.3*».

$$a = \frac{C_1}{Q_1}$$

*Formel 2.3: Gjennomsnittskostnad for ein eining fyrste år i drift*

Dette er eit relativt enkelt tall å finne ved bruk av rekneskapstal frå års-rapporter. «a» vert referert til som «den første produserte eininga» i produksjonen. Det er derimot ikkje naudsynt å faktisk finne kostnaden på den første produserte eininga, men heller ein gjennomsnittskostnad per eining for den første perioden i produksjon. Dette fordi vi vil undersøkje dei gjennomsnittlege produksjonskostnadene årvis inn mot framtida.

### 2.4.2 Kumulativ Produksjon « $Q_c$ »

Kumulativ produksjon er eit ord som har gjentatt seg ofte i teorien, og vil fortsetje å gjenta seg i analysen og under diskusjon. Difor er det essensielt å vite korleis ein reknar ut eit produkt sin kumulative produksjon.

I vårt tilfelle om produksjon av einingar, er kumulativ produksjon den totale produksjonen som har hopa seg sidan år 0. I denne utrekninga vil produksjonen frå alle år verksemda har produsert einingar vera relevante. Kumulativ produksjon, forkorta « $Q_c$ », vert rekna ut ved bruk av mengd einingar produsert i en periode « $Q_n$ », der «n» er mengd periodar. Likninga for kumulativ produksjon er vist i «*Formel 2.4*».

$$Q_{cn} = Q_1 + \dots + Q_n$$

*Formel 2.4: Kumulativ produksjon forenkla*

Dersom det er ønsket å finne den kumulative produksjonen opparbeidd innan driftsår fem er omme, vert likninga som vist i «*Formel 2.5*».

$$Q_{c5} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

*Formel 2.5: Kumulativ produksjon*

### 2.4.3 Wrights variabel «X»

Variabelen i modellen til Wrights lov er «X». Definisjonen på «X» er forholdet mellom kumulativ produksjon i dag, og kumulativ produksjon det første året i drift. «X» er ein variabel som ser på kor mykje den kumulative produksjonen har økt frå første driftsår. For å klare å setje ein verdi på «X» er vi nøydte til å ta i bruk variabelen for kumulativ produksjon ( $Q_c$ ). Likninga for å finne X ved bruk av denne variabelen er vist i «*Formel 2.6*».

$$X_N = \frac{Q_{cn}}{Q_{c1}}$$

*Formel 2.6: Wrights variabel «X»*

I «*Formel 2.6*» ser vi at «X» sin verdi vil bli forholdet mellom den kumulative produksjonen i år «n», og den kumulative produksjonen i år «1». «X» er dermed eit forholdstal. Her er det samanhengen mellom variabelen «X» og dei to andre parameterane som er viktig å forstå. Vi kan allereie tyde frå «*Formel 2.6*» at «X» alltid blir 1 det første året i drift, som igjen gjer at «Y» held på «a» sin opphavlege sum år 1. Utrekninga for det ser vi i «*Utrekning 2.1*».

$$X_1 = \frac{Q_{c1}}{Q_{c1}}$$

$$X_1 = 1$$

*Utrekning 2.1: Utrekning for «X»*

Då  $X = 1$  det første året i drift vil ikkje eksponenten til X ha nokon innverknad på «a». Dette er eit eksempel på at «Y» alltid blir lik «a» i det første driftsår. Dette kan vi framstille ved å

bruke eksempelet frå kapittel «2.4 Wrights modell i praksis» der «X» no er 1, og «a» er 1000. Utrekninga er gjort i «Utrekning 2.2».

$$Y_1 = 1000 * 1^{-0,2}$$

$$Y_1 = 1000$$

$$Y_1 = a$$

*Utrekning 2.2: Y i periode 1*

Dette er forklart ved at « $Y_n$ » = gjennomsnittleg produksjonskostnad per eining i år «n», medan a = gjennomsnittleg produksjonskostnad per eining i år «1». Derav vil alltid « $Y_1$ » bli lik «a».

Variabelen X blir forklart i detalj då det er viktig å forstå kva rolle den har i Wrights modell. Produktet sin einingskostnad (Y) avhenger i heilheit av «a», men der «X» justerer ned verdien til «a» over tid. Kor mykje verdien til «a» vert justert ned med blir avgjort av eksponenten til «X», altså «b». Ved eit augekast på same likning kan ein fort sjå denne samanhengen når vi set verdien til «X» høgare enn «1». Utrekninga er vist i «Utrekning 2.3».

$$Y_n = aX^b$$

$$Y_n = 1000 * 2^{-0,2}$$

$$Y_n = 870,55$$

*Utrekning 2.3: Eksempel ved  $X > 1$*

Vi har forklart korleis variabelen «X» heng i saman med parameter «a» og «b». Årsaka til at parameteren «a» vart forklart før variabelen «X» og «b» er fordi «a» er den lettaste ukjente verdien å finne. Dersom vi har lyst til å finne ein spesifikk produksjonskostnad i eit anna år må vi finne X-verdien for det tilhøyrande året. X-verdiane i «Vedlegg 1» kunne vore typiske tall å nytte for å utføre ein slik analyse.



Dersom det er trendar ein vil sjå på er det ikkje naudsynt å rekne ut  $X$ , men heller la den variere. På denne måten kan ein lage ein typisk figur med « $X$ » på X-aksen, og « $Y$ » på Y-aksen i likskap med «Figur 2.1».

#### 2.4.4 Wrights parameter « $b$ »

I delkapittel 2.4.3 var vi innom variabelen « $X$ » og korleis denne påverkar parameter « $a$ ». Det vi fann ut var at « $X$ » er den variabelen som sørger for å justere ned verdien til « $a$ ». Kor mykje verdien til « $a$ » skal bli justert ned med, avhenger også av verdien til eksponenten « $b$ ». I dette delkapittelet forklare vi parameteren « $b$ », og korleis vi set verdien til denne parameteren.

I Wrights lov er den andre parameteren « $b$ ». Denne parameteren kan forklarast som hyppigheita bedrifta lærar på. Denne parameteren vil avgjere reduksjonen i produksjonskostnad, ved ein auke i kumulativ produksjon.

NASA har forska på denne parameteren og det som omhandlar «The concept of the learning curve». Det NASA konkluderte med at satsen på parameteren korrelerer med kor mykje av arbeidet som vert gjort av maskiner, og kor mye som vert gjort for hand (Cyr, 2007).

Eit eksempel frå deira studie syner eit tilfelle der 75% av arbeidet vert gjort for hand, og 25% av arbeidet vert gjort av maskiner. Dette tilsvaret ein 20% nedgang i produksjonskostnader ved ein dobling i kumulativ produksjon. Det er og vist til eit motsett tilfelle der 75% av arbeidet vert gjort av maskiner, og 25% av arbeider vert gjort for hand. Her ender nedgangen i produksjonskostnader på 10%. Det vil sei at produksjonskostnadene no er 90% av det dei var før ein dobling i « $X$ ». Desse to eksempla synar oss at arbeid som vert gjort for hand vil ha ein større rate av læring, samanlikna med arbeid som vert gjort av maskiner. Difor vil automatisering av produksjon over tid bli tatt i betraktning når vi reknar på treffsikkerheita til denne lova.

Desse ratane varierer òg med kva industriar vi nyttar Wrights lov på. Eksempelvis har flyselskap ein rate på cirka 85%, råstoff ein rate på 93% – 96%, og gjentakande elektriske operasjonar ein rate på 75% - 85% (Cyr, 2007).

I vår analyse vil vi rekne ut ein eksakt verdi for parameteren «b». På bakgrunn av dette vil vi ha bruk for datasett som inneheld all naudsynt informasjon. Det første steget for å finne «b» er å finne læringsraten (r) til bedrifta. Dette kjem av at eksponenten «b» skal gjere at einingskostnaden «Y» reduserer seg med læringsraten(r) for kvar gong «X» doblar seg. For ordens skyld vil difor læringsraten vera det første vi sett søkelys på. Den generelle framgangsmåten vi vil nytte for å finne læringsraten «r» er som følgjer:

Vi nyttar kostnaden av produktet første år i drift «a», multipliserer det med ein ukjent sats (r), for så å setje stykket lik kostnaden av å produsere ein eining i dag ( $Y_n$ ). Vi nyttar perioden «n-1» då vi vil finne den gjennomsnittlege læringsraten kvart år. Grunnen til at «-1» førekomer i perioden «n-1», er fordi vi vil trekkje vekk den første perioden i drift frå utrekninga. Grunnen til at den første perioden i drift må bli sett bort frå er grunna parameteren «a». Parameteren «a» er konstant, og den kan ikkje endrast på då denne parameteren er talet som står til grunning for den vidare utrekninga. Parameteren «a» eller « $Y_1$ » vil difor alltid ha lik verdi både i Wrights lov sin predikasjon av kostnadar, og de verkelege tala som er oppgitt i eit eventuelt datasett. Ved bruk av gitt framgangsmåte kan vi finne læringsraten til produktet(r) som den ukjende. Dette er vist i «Formel 2.7».

$$ar^{n-1} = Y_n$$

$$r^{n-1} = \frac{Y_n}{a}$$

$$r = \sqrt[n-1]{\left(\frac{Y_n}{a}\right)}$$

*Formel 2.7: Formel for læringsrate*

Vi løyser dermed likninga for «r». Grunnen til at formelen for å finne raten(r) blir « $ar^{n-1} = Y_n$ » → « $r = \sqrt[n-1]{\left(\frac{Y_n}{a}\right)}$ » er fordi vi ser det som naudsynt å rekne ut ein gjennomsnittleg sats som kostnadane har søkke med. Då treng vi både kostnadane for det første året i drift «a» og kostnadane i dag « $Y_n$ ». Ved hjelp av desse to talla får vi rekna ut den totale kostnadsreduksjonen i prosent frå bedrifta starta opp, og fram til i dag.

«a» er gjennomsnittleg kostnad per eining første år i drift, syna i «Formel 2.3». «r» er den ukjente raten vi skal finne, syna i «Formel 2.7». «n» er mengd periodar, som forklart i delkapittel «2.4.1 Wrights parameter «a»». « $Y_n$ » er kostnaden for å produsere produktet i år n, som forklart i delkapittel «2.4 Wrights modell i praksis».

I «Vedlegg 2» ligg det eit mindre datasett som vil bli brukt til å framstille eit eksempel i «Utrekning 2.4» for år 2019 med vedlagte verdier.

$a = 100\,000$ ,  $r = \text{ukjent}$ ,  $n = 4$ , og  $Y_n = 50000$ . (Sjå vedlegg 2)

$$ar^{n-1} = Y_n$$

$$100000 * r^{4-1} = 50000$$

$$r^3 = \frac{50000}{100000}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{1}{2}}$$

$$\underline{r = 0,793700526}$$

*Utrekning 2.4: Utrekning av læringsraten*

Ved bruk av datasettet i «Vedlegg 2» og «Formel 2.7» framstilt i kapittelet har vi i «Utrekning 2.4» rekna ut læringsraten (r) til denne fiktive produksjonen. For å kontrollere at dette er gjort riktig vil vi nytte formelen igjen og kontrollere talla mot datasettet i «Vedlegg 2» i «Utrekning 2.5».

$$a * r^{n-1} = Y_n$$

$$100000 * 0,793700526^3 = 50000$$

*Utrekning 2.5: kontroll mot datasett*

Årsaka for å finne denne raten ( $r$ ), er som tidlegare nemnt fordi denne variabelen inngår i utrekninga av parameteren « $b$ ». Prinsippet ligg i at ved ein dobling i « $X$ » sin verdi, skal kostnadane reduserast med « $r$ ». Ein dobling i kumulativ produksjon er eksempelvis når « $X$ » går frå 1 til 2. Vi kan syne dette i eit eksempel ved å setje  $X = 2$ , der 2 står for doblinga i kumulativ produksjon. Dette skal bli det same som « $r$ ». Likninga blir då « $2^b = r$ ». « $b$ » skal dermed bli rekna ut slik som syna i «*Formel 2.8*».

$$2^b = r$$

$$b = \log_2(r)$$

$$\underline{b = \log_2(r)}$$

*Formel 2.8: Formel for parameter « $b$ »*

Då « $b$ » er ein ukjent eksponent vel vi ein logaritme til å rekne den ut. Her har vi nytta ein toarlogaritme sidan grunntalet er «2». Årsaka til dette er fordi « $X$ » skal være ein dobling i kumulativ produksjon som her blir «2». Dersom vi nyttar verdien til « $r$ » frå «*Utrekning 2.4*» kan vi finne den faktiske verdien for « $b$ », og dermed vise den fallande effekten på produksjonskostnadar i forskjellige digitale verktøy. I «*Utrekning 2.6*» har vi syna utrekninga av parameter « $b$ ».

$$2^{-b} = 0,793700526$$

$$b = \log_2(0,793700526)$$

$$b = \log_2(0,793700526)$$

$$\underline{b = -0,333333}$$

*Utrekning 2.6: Utrekning for parameter « $b$ »*

For å bekrefte at vi har gjort dette riktig kan vi teste dette med « $ar = a2^{-b}$ ». Forklaringa på testen ligger igjen i at 2 er ein dobling av « $X$ » sin verdi frå den var 1, og då vi veit at « $X$ » alltid er 1 det første året i drift vil 2 vera det riktige talet for ein dobling. Dei neste doblingane

ville blitt  $X=4$ ,  $X=8$ ,  $X=16$ , osv. I «Utrekning 2.7» konkluderer vi med at likninga er korrekt, og at modellen vår fungerer etter sin hensikt.

$$\llcorner 100000 * 0,793700526 = 100000 * 2^{-0,333333} \gg$$

$$100000 * 0,793700526 = 100000 * 2^{-0,333333} = 79370$$

*Utrekning 2.7: Kontroll av parameter «b» opp mot formel 2.1*

Den ferdige likninga for dette fiktive eksempelet frå «Vedlegg 2» er syna i «Formel 2.9».

$$Y = aX^{-b}$$

$$Y = 100000 * X^{-0,333333}$$

*Formel 2.9: Eksempel på Wrights modell*

I «Vedlegg 3» er grafen til «Formel 2.9» illustrert i det digitale verktøyet Geogebra.

## 2.5 Adopsjon av ny teknologi i bilmarknaden

Historisk har fossilbiler vert ein norm i bilmarknaden. Fossile biler har vert i produksjon i over hundre år. På grunn av den langvarige produksjonen i bilmarknaden har produksjonen av fossile biler også blitt optimalisert og automatisert i stor grad. Det meste av naudsynt erfaring er allereie henta inn. Dette medfører til at sannsynet for store kutt i produksjonskostnaden er låg. Sett i lys av Wrights lov vil dette vera forklarleg. Wrights lov nyttar kumulativ produksjon som grunnmur i metoden. Då fossile biler har vert norm i så lang tid, vil og den kumulative doblinga i produksjonen av fossile biler ha eit stort intervall. Reduksjon i hyppigheita av kumulative doblingar medfører lågare kutt i produksjonskostnadane.

Elektriske biler er framleis ein ny teknologi i bil-marknaden og salet av dei aukar betrakteleg kvart år (Canalys, 2022; Edelstein, 2019). I elektriske biler vert eit batteri nytta til å oppbevare elektrisitet som det elektriske drivtoget nyttar (Morris, 2017). Dette drivtoget er enklare samansett og nyttar færre deler enn ein vanleg fossil motor. For Wrights lov betyr dette at den tidlegare erfaringa opparbeida igjennom denne delen av produksjonen må tileignast på ny. Grunna dette, og den komande hyppigheita i el-bilproduksjon er marknaden

godt egna til å bli analysert ved hjelp av Wrights lov. Spesielt interessant kan det vera å undersøkje kor fort og effektivt innovasjon rundt produksjonen av drivtoget reduserer produksjonskostnaden for elbilar inn i framtida.

## 3.0 Metode

Under dette kapitlet skal vi gjera ein utgreiing for den metodiske framgangsmåten vi nyttar i arbeidet med å løysa den problemstillinga vi har satt oss for oppgåva. Samtidig skal vi gjera greie for kvar data vi nyttar er henta frå.

Ordet metode kjem frå det greske ordet «methodos», som betyr «det å følgje ein bestemt veg mot eit mål» (Tranøy, 2018). Det er dette forskarar nyttar for å samle inn truverdig empiri for å kartleggje røynda. Det er og viktig å understreke at ein kvar person som forskar på noko, oftast går inn i forskinga med ei meining om korleis røynda ser ut (Jacobsen, 2021, s. 21). Desse meiningane er ikkje alltid korrekte, så det er viktig å vera open for å ta feil. Som forskar er det heilt sentralt å ha strenge krav, og ha nok prov til å kunne trekkje ein konklusjon.

### 3.1 Hensikt ved undersøkinga

Undersøkingar har eit felles grunnlag i å utvikle kunnskap om røynda, og følgeleg ha ulik hensikt på kva kunnskap dei vil utleia. Det eksisterer her tre hovudtypar: beskriving, forklaring, føresegn.

Beskriving vert gjort får å få innsikt i korleis eit fenomen ser ut. Forklaring ynskjer å forklare kvifor eller korleis ein fenomen oppstod. Føresegn er retta mot å føreseie kva som vil skje i framtida. Parallelt med naturvitskapens «føreseiande evne» - teoriens presisjon i føreseiinga av fenomen som vil skje i framtida, under gitte forhold. I samfunnsvitskapen opptrer ein betydeleg meir forsiktig med slike utsegn. Dei endar difor ofte som ein «under slike forhold, er det eit visst sannsyn for at noko skjer» konklusjon (Jacobsen, 2021, s. 14).

Når ein presist kan beskrive ein fenomen, er det nærliggande å kunne forklare korleis fenomenet oppstår. Når ein kan beskrive fenomenet samt korleis særskilte fenomen oppstår, er det mogleg å føresei fenomenets oppførsel under gitte føresetningar. Undersøkingane byggjer på kvarandre. For å forklare må ein ha ei beskriving, å føresei formoder at ein har kunnskap om effekt og årsak, altså at vi kan forklare (Jacobsen, 2021, s. 14).

### 3.1.1 Hensikt ved vår oppgåve

Vi ynskjer å føresei produksjonskostnadar fram i tid. Vi treng både ei beskriving av fenomenet, samt ei forklaring av fenomenets oppførsel. Vi kan beskrive produksjonskostnadar enkelt med bedriftsøkonomisk teori. Det same gjeld for forklaringa. Då vi kan forklare kvifor og korleis produksjonskostnadar går ned, har vi det vi treng for å forsøke å føreseie framtidige produksjonskostnadar.

### 3.2 Metode

Tidleg i introduksjonen til samfunnsvitskapleg metode kjem det fram eit klår skilje.

Fagområdet bygger på grunnpilarane kvantitativ- og kvalitativ metode.

I det kvalitative nyttar ein færre datapunkt med større presisjon. Grunna innsamlingsmetodar som til dømes intervju er det naturleg at innsamling av empiri og analysen av den skjer parallelt. I det kvalitative er ein med ein gong meir fleksibel kontra i det kvantitative. I eit intervju kan ein tilpasse spørsmåla etter den retninga som intervjuet tar. I det kvantitative nyttar ein store mengder data med moderat presisjon. Den kvantitative data er nyttig til å måle størrelsesforhold, mengd og tall. Eksempelvis eit spørjeskjema via nett, der mottakaren gir frå seg svar i form av tall. Problemet her er at ein blir fastlåst til forma for innsamling av empiri. Kvar av metodane har sine nytteområder.

Den viktigaste skilnaden mellom det kvantitative og det kvalitative er kva empiri det er skikka til å innhente. Kvantitative metodar rettar seg i større grad mot det som skjer, eller det ein gjer her og no. Kvalitative metodar eignar seg langt betre til å innhente empiri på sosiale relasjonar, samt meiningar bak forskjellige typar åtfærd.

#### 3.2.1 Val av metode

Vi treng data for å kunne beskrive eit fenomen, forklare fenomenets oppførsel for så å føresei fenomenet sin oppførsel under gitte føresetningar. Då vi skal skrive om produksjonskostnader treng vi data i form av tall. Dette gir oppgåva eit matematisk preg. Til dette ser vi kvantitativ metode som eit godt val.



### 3.3 Forskingsdesign

Det er sentralt å identifisere kva forskingsdesign som passar til forskinga ein skal gjennomføre. Ein forskars oppfatning av røynda vil ha betydning for kva design hen vel å nytte. Det finnes ei rekkje forskjellige design, difor er det hensiktsmessig å sjå på kva ein ynskjer å oppnå med forskinga.

Eit forskingsdesign kan beskrivast som ein overordna plan for studiet som fortel korleis problemstillinga skal belyst og svarast. Forskingsdesignet er logikken som linkar data ein samlar inn til studiens problemstilling. Valet av forskingsdesign er den tidlege fasen i eit studium der ein må velje kva og kven som skal undersøkast, samt korleis undersøkinga skal gjennomførast (Sander, 2022).

#### 3.3.1 Aktuelle forskingsdesign

Hensikten med oppgåva er å nytte ny empiri til å teste Wrights lov. Dette er ein deduktiv tilnærming. I det deduktive vil ein bevise ein teori ved å samle inn empiri og analysere den. Ein vil altså gå frå teori, til empiri og tilbake til teori (Alnes, 2021).

Å teste gyldigheita til teori stemmer godt med formålet til kvantitativ metode. Deduktiv metode er nært kopla til det kvantitative (Jacobsen, 2021, s. 31) Kvantitativ metode nyttar ein når ein skal seie noko generelt om verda. Metoden er godt egna til å fortelje noko lite om mykje, der kvalitativ kan seie mykje om lite. I vår oppgåve har vi difor nytta ein kvantitativ så vel som deduktiv tilnærming. Under kvantitativ metode finn vi fleire utprega forskingsdesign. Vi har valt å ta for oss to av desse designa: tversnitt og tidsseriedata.

Tversnitt er egna til å beskrive ein situasjon og kva forhold som førekomer samtidig. Designet vert nytta der ein vil ha ein beskriving på eit bestemt tidspunkt (Jacobsen, 2021, s. 64). Då vi skal sjå på historisk utvikling er dette eit dårleg egna design til formålet.

Tidsseriedata er nyttig til å seie noko om årsak og verknad (Jacobsen, 2021, s. 64). Designet går ut på å innhente empiri frå fleire tidspunkt. Ved å analysere empirien kan vi sjå utviklinga til eit fenomen, eller verknaden av ein endring.

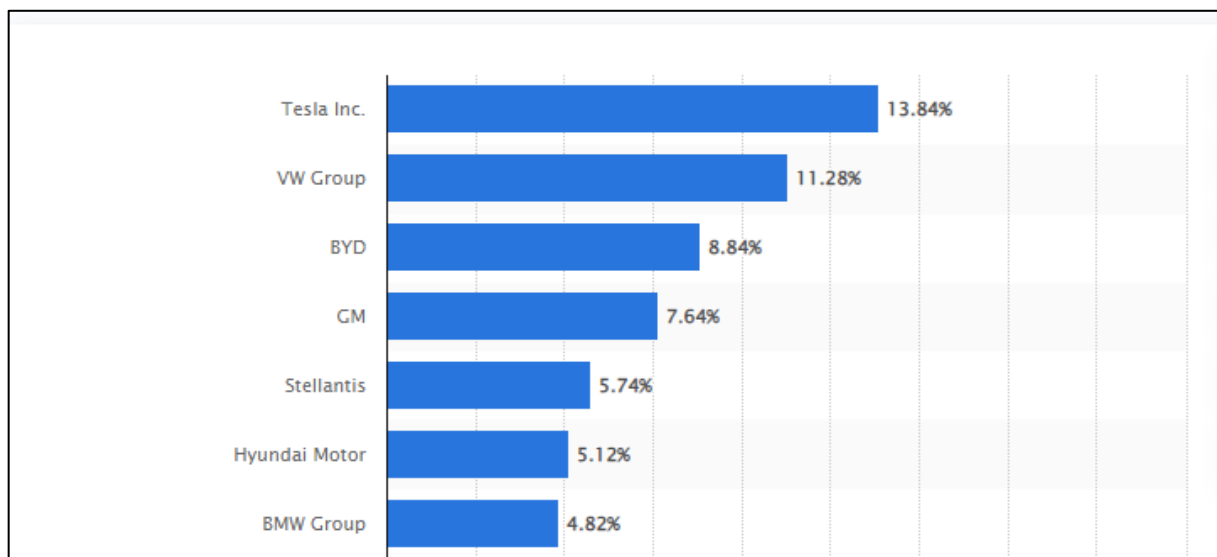
### 3.3.2 Val av forskingsdesign

Vi nyttar eit deduktivt opplegg. Dette er fordi vi tek utgangspunkt i eksisterande teori, for så å nytte empiri som skal lede tilbake til teorien. Då teorien vi skal teste krev få variablar vert designet ekstensivt, kvar vi har fleire observasjonar over tid på to variablar. Difor nytta vi forskingsdesignet tidsserie.

### 3.4 Relevante verksemdar i elbilmarknaden

Motortrend listar opp 35 selskap som produserer elektriske bilar (Motortrend, 2021). Då det eksisterer mange produsentar kan det vera vanskeleg å skulle velje ein aktør. Det første kriteriet vi har satt oss er at det må vera mykje data tilgjengeleg for offentlegheita. Då kan vi ekskludere alle selskapa som ikkje er børsnoterte. Samtidig har vi lagt vekt på at selskapet må ha ein relativt stor marknadsandel, slik at vi kan vera sikker på at dei har hatt produksjon gåande i ein lenger periode.

Selskapa som oppfyller desse kriteria er Volkswagen Group, BYD, Tesla og General Motors. Vi kan sjå «Figur 3.1» at desse selskapa er dei fire største i segmentet etter marknadsandel (Statistica, 2022).



Figur 3.1: Elbilaktørar

Selskapa i «Figur 3.1» er alle børsnoterte. Dette inneberer at dei legg ut kvartalsrapportar samt årsrapportar for offentlegheita. Ein anna faktor for å ytterlegare differensiere selskapa er at vi ynskjer å sjå på ein produsent som eksklusivt produserer elbilar, ikkje fossil-, hydrogen-

eller hybridbilar. Gitt disse krava må VW Group, BYD og GM vike til fordel for Tesla. Dette er heldig for oppgåvas del då Tesla samtidig er den leiande aktøren i marknaden.

### 3.4.1 Val av verksemd

På bakgrunn av at Tesla er børsnotert, eksklusivt produserer elbilar og samtidig er den leiande aktøren i marknaden ser vi dette som ei ideell verksemd å hente data frå.

## 3.5 Datainnsamling

Tesla har vore børsnotert sidan tidleg i 2011. Dette betyr at det ligg tilgjengelege kvartalsrapportar frå 2. kvartal i 2011 og fram til i dag. Desse rapportane finn ein på Tesla sin offisielle nettstad (Tesla, 2022). Vi analyserer eit intervall på 10 år, kvar vi ser på utviklinga til variablane gjennom observasjon. Då hensikta med undersøkinga er å sjå på produksjonskostnad per eining er det berre to variablar vi ser som interessante. Mengd produserte bilar og total kostnad for dette. Tesla starta produksjon av Model S i 3. kvartal 2012 (Boudreau, 2012). Då vi skal undersøkje produksjonskostnadar over tid ser vi det som gunstig å byrje datainnsamlinga i dette kvartalet.

I kvartalsrapportane presiserer Tesla både kor mange bilar dei har produsert i det inneverande kvartalet, samt kostnaden for dette. Desse ligg offentleg på «[www.ir.tesla.com](http://www.ir.tesla.com)».

## 3.6 Gyldigheit og pålitelegheit

Med gyldigheit og relevans meiner ein at empirien som samlast inn, faktisk svarar på spørsmålet ein stiller (Jacobsen, 2021, s. 16). Det finnes to typar gyldigheit, intern og ekstern. Den interne gyldigheita forklarar om vi har dekning i empirien for konklusjonane vi treff (Jacobsen, 2021, s. 17). Ekstern gyldigheit forklarar om empiri frå eit avgrensa område er gyldige i andre samanhengar (Jacobsen, 2021, s. 17). Med pålitelegheit og truverd meiner ein at undersøkinga må vera til å stole på. Undersøkinga må vera gjort på ein måte som vekker tillit, den må ikkje vera påverka av innlysande målefeil som forstyrrar resultatet (Jacobsen, 2021, s. 17) Forskarar ynskjer eit resultat som er relevant og riktig, og som vi kan stole på. Metoden tvinger oss gjennom spesielle fasar for å sikre at vi gjennomfører undersøkinga på best mogleg vis (Jacobsen, 2021, s. 17).

I det metodiske er det vesentleg å spørje ein sjølv om resultatane er pålitelege. Børsnoterte selskap er lovpålagt å opplyse korrekt informasjon til sine aksjonærar. Vi kan difor med ein høyt grad av sikkerheit seie at talle vi har henta frå Tesla sine kvartalsrapportar samsvarar med røynda. Talle ser vi som gyldige då dei er henta direkte frå produsenten sine finansielle bokføringar.

## 4.0 Analyse

Det første vi skal undersøke i analysen er parameterane «a» og «b» for Tesla. Parameterane i Wrights lov er nøydt til å ha en verdi for at man skal kunne bruke modellen. For å finne verdiane til parameter «a» og «b», er vi nøydt til å bruke datasettet frå «Vedlegg 4» som ble introdusert i kapittel «3.5 datainnsamling». Framgangsmåten brukt i analysedelen er henta frå delkapittelet «2.4 Teori».

Videre vil vi anvende parameterane på Wrights modell. Formålet med dette er å lage ein grafisk framstillinga som presenterer Tesla sine produksjonskostnader ved bruk av Wrights modell.

Vi vil undersøke kor nøyaktige estimeringer denne modellen vi har laga kjem med. Dette vil vi gjera ved å samanlikne talene vi får frå modellen, mot tesla sine verkelege tall. Vi vil derfrå undersøke avvik i modellen.

Til slutt vil vi finne ut korleis vi ved bruk av Wrights lov, og den tilhøyrande modellen, kan føreseie produksjonskostnader vidare inn i framtida. Her vil vi og undersøke moglegheiter for å føreseie ein kostnad for eit bestemt årstal.

Tidsintervallet for kvar periode «n» i analysen er eit år. Tesla sine periodar går frå 2012 til 2021. Her er år 2012 vår første periode i drift «n» = 1, medan år 2021 er den siste perioden «n» = 10. Når vi føreseier vidare frem i tid vil «n»-verdiane halde fram frå 11, og vidare oppover. For anna relevans vil periode «n» = 0 vera perioden Tesla eksisterte før produksjonen av bilar vert starta i år 2012.

### 4.1 Parameterane til Wrights lov anvendt på Tesla

Den første parameteren vi skal finne er «a». Her nyttar vi «Formel 2.3» frå kapittel «2.4.1 Wrights parameter a».

$$a = \frac{C_1}{Q_1}$$

*Formel 2.3: Kostnad for første eining*

Då vi skal finne «a» er vi nøydt til å hente tall frå den første perioden med drift hos Tesla. Dette blir i år 2012, der  $n = 1$ . I periode «1» kan vi sjå ut frå datasettet i «Vedlegg 4» at kostnaden er \$337 575 000, medan mengda er 3200 einingar. Dette er syna i «Utrekning 4.1».

$$a = \frac{337575000}{3200}$$

$$\underline{a = 105492}$$

*Utrekning 4.1: Parameter «a» hjå Tesla*

I «Utrekning 4.1» rekna vi ut parameteren «a». Vi kan med dette konkludere med at Tesla sin einingskostnad det første driftsåret «a», er \$105 492. Vi kan då vidare beskriva parameter «b». Her vil vi nytte framgangsmåten frå kapittel «2.4.4 Wrights parameter b», her startar vi med å finne læringsraten «r». Likninga er syna i «Formel 2.7».

$$r = \frac{n-1}{\sqrt{\left(\frac{Y_n}{a}\right)}}$$

*Formel 2.7: Formel for læringsrate*

Då datasettet i «Vedlegg 4» tek føre seg Tesla sin drift heilt fram til periode 10, vil «n» for oss vera 10. « $Y_n$ » blir då produksjonskostnaden per eining i periode 10. Kostnaden per bil ( $Y_n$ ) i periode 10 var \$34 839. Med dette har vi nå identifisert alle ukjente variablar og parameter i «Formel 2.7», og kan difor løyse «Formel 2.7» for «r». «Formel 2.7» er nytta i «Utrekning 4.2».

$$r = \frac{10-1}{\sqrt{\left(\frac{34839}{105492}\right)}}$$

$$r = \sqrt[9]{0,33025}$$

$$\underline{r = 0,884175}$$

*Utrekning 4.2: Utrekning av læringsraten hjå Tesla*

Frå «*Utrekning 4.2*» fann vi ut at læringsraten «*r*», har ein verdi på 0,884175. Med dette talet kan vi rekne ut verdien til parameteren «*b*». Her er «*Formel 2.8*» syna.

$$2^b = r$$

$$b = \log_2(r)$$

*Formel 2.8: Formel for parameter «b»*

Vi kan no setje inn verdien for «*r*» i «*Formel 2.8*» for å rekne ut parameter «*b*». utrekninga er syna i «*Utrekning 4.3*».

$$b = \log_2(0,884175)$$

$$\underline{b = -0,177596}$$

*Utrekning 4.3: Utrekning av parameter «b» hjå Tesla*

Med dette har vi identifisert begge parameterane vi treng for å utleie «*Formel 2.1*». I «*Utrekning 4.1*» fann vi ut at «*a*» sin verdi for Tesla er «105492», og i «*Utrekning 4.3*» at «*b*» sin verdi for Tesla er «-0,177596».

## 4.2 Teslas parameter anvendt på Wrights modell

Vi kan nå setje opp «*Formel 2.1*» til Wrights lov frå kapittel «2.4 Wrights modell i praksis».

$$Y = aX^b$$

*Formel 2.1: Wrights lov*

Ved å erstatte parameterane «a» og «b» i «Formel 2.1» med verdiane vi rekna ut i «Utrekning 4.1» og «Utrekning 4.3», vil vi få ein formel «Formel 4.1» for tesla sine produksjonskostnadar.

$$Y = 105492 * X^{-0,177596}$$

*Formel 4.1: Wrights lov med Teslas verdi for parameter «a» og «b»*

Før vi syner «Formel 4.1» grafisk skal vi og rekne ut «X» verdien for 2021. Dette er for å illustrere kvar på kurven Tesla låg ved utgangen av år 2021. År 2021 er den 10. perioden i drift, derav «n» = 10. Tall er frå datasettet i «Vedlegg 4». Framgangsmåten for å finne periode 10 sin «X»-verdi, finn vi i «Formel 2.6» frå «2.4.3 Wrights variabel X»

$$X_n = \frac{Q_{cn}}{Q_{c1}}$$

*Formel 2.6: Wrights variabel «X»*

$$X_{10} = \frac{Q_{c10}}{Q_{c1}}$$

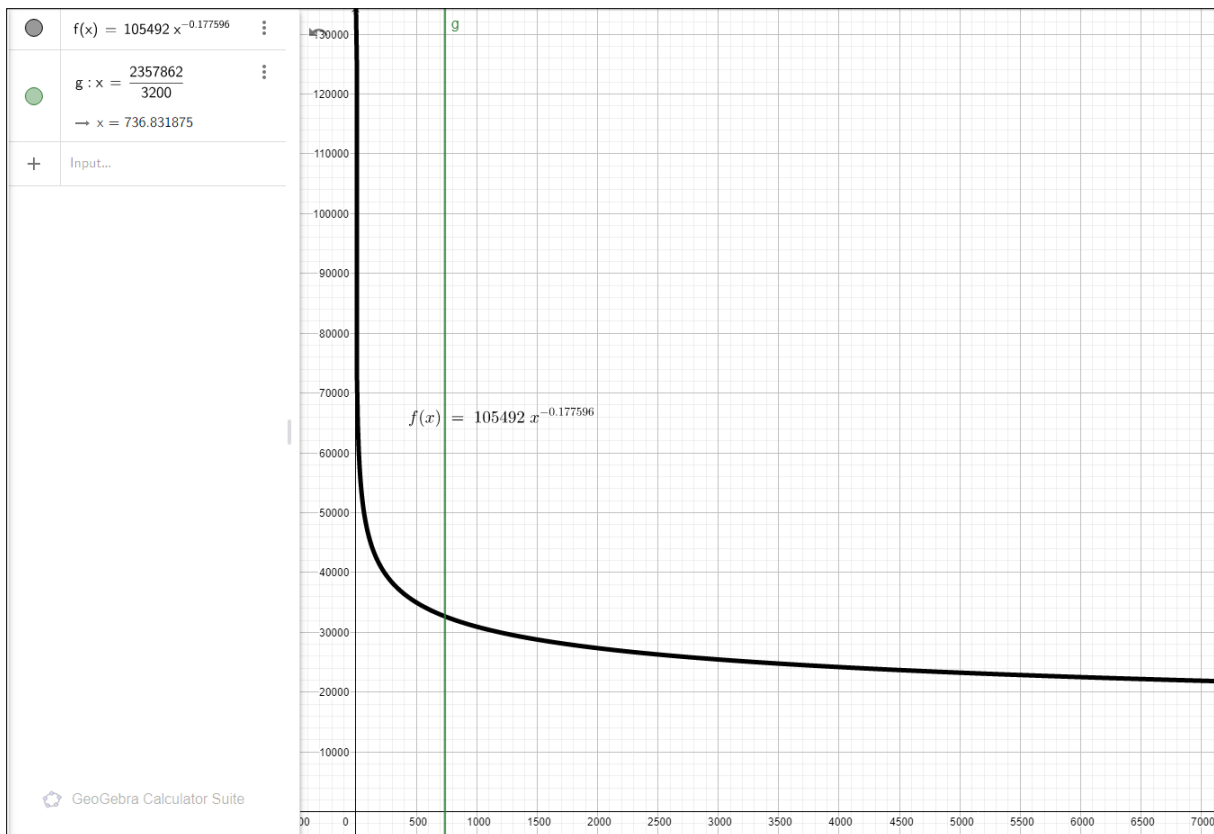
$$X_{10} = \frac{2357862}{3200}$$

$$\underline{X_{10} = 736,83}$$

*Utrekning 4.4: Utrekning av «X» i periode 10*

På bakgrunn av «Utrekning 4.4» kan vi illustrere Wrights modell i Geogebra. Kurven er markert med svart, medan kryssingspunktet den 10. perioden i drift er markert med ein grøn vertikal linje. Dette er visualisert i «Figur 4.1».

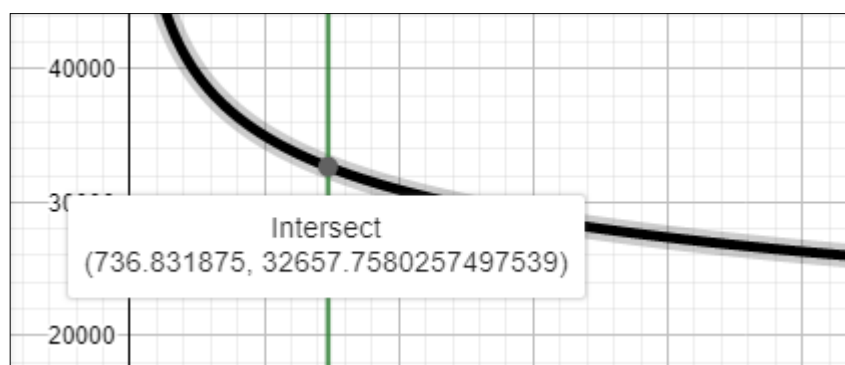




Figur 4.1: Teslas parameter anvendt på Wrights modell, periode 10.

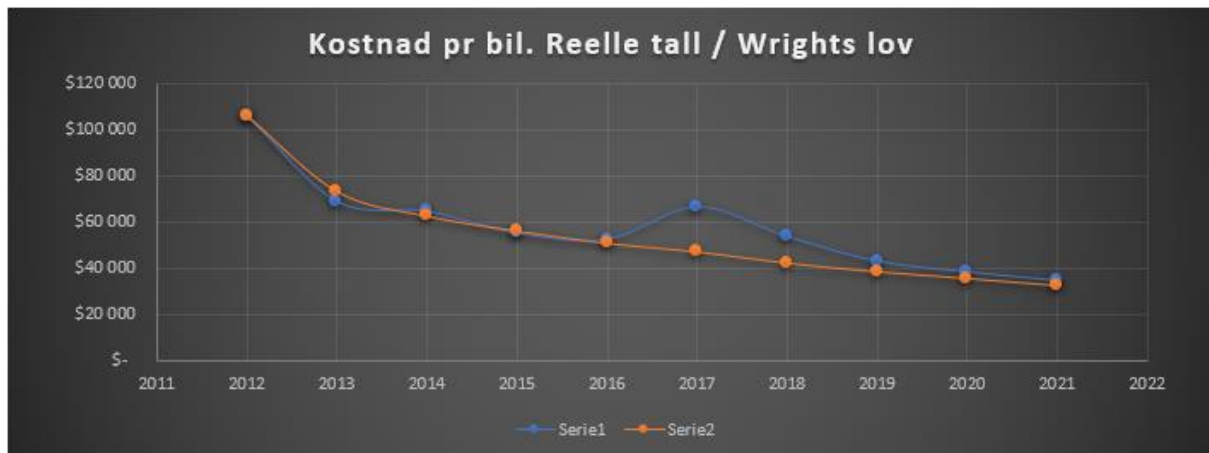
### 4.3 Kor nøyaktige er modellen sine estimeringar?

Denne modellen føreseier framtidige produksjonskostnader ved å nytte variabelen «X» på x-aksen. Frå «Figur 4.2» ser vi at modellen føreseier ein produksjonskostnad på \$32 658, med ein tilhøyrande «X»-verdi for perioden på 736,83. Denne «X» verdien har vi og funne stemmer i år 2021 frå «Utrekning 4.4».



Figur 4.2: Produksjonskostnad periode 10 estimert av Wrights modell.

Vidare kan vi setje opp Tesla sine reelle tal frå «Vedlegg 4» mot Wrights modell sine føreseiingar i «Vedlegg 5», for så å finne ut kor nøyaktig vår estimering er. I «Figur 4.3» nyttar vi datasettet frå «Vedlegg 4» til å finne kostnad per bil, for kvar periode. I denne analysen nyttar vi to seriar. Serie1 er markert blått, og er Tesla sine faktiske produksjonskostnader per eining. Serie2 er markert oransje, og er Wrights lov si føresegn av Tesla sine produksjonskostnader per eining.



Se «Vedlegg 5» for full analyse

Figur 4.3: Wrights estimering vs. verkelege tal.

Vi har satt opp analysen i «Figur 4.3» med årstal på «X»-aksen som illustrert i kapittel «2.4 Wrights modell i praksis». Dette for å enkelt visualisere når eit avvik har oppstått. Her ser vi ein nokså god presisjon, men med eit lite avvik i 2013 periode 2, samt et større avvik i perioden 2016-2018 periode 5 - 7.

#### 4.4 Korleis føreseier Wrights modell kostnader vidare inn i framtida?

Som vist i «Figur 4.1» føreseier Wrights modell allereie produksjonskostnader inn i framtida, der framtida ikkje er eit årstal, men heller ein verdi for «X». Variabelen «X» veit vi er forholdstalet mellom den kumulative produksjonen i dag, og den kumulative produksjonen den første perioden i drift. Dette betyr at dersom vi kunne forutsett den årvisse auken i produserte biler hos Tesla, kunne vi og framstilt kor mykje en bil kostar å produsere (Y) til en gitt verdi «X» i en gitt periode «n». Dette er all informasjonen vi trenger for å kome med eit estimat for produksjonskostnad per eining i eit spesifikt år.

Nasdaq og Cleantecnica har opplyst at Tesla meiner dei kan ha ein årleg produksjon i år 2030 på 20 millionar elbilar (Castano, 2022; Shahan, 2021). Vi har gjort ein analyse av dette i «Vedlegg 6». På bakgrunn av denne analysen fann vi ut at med ein gjennomsnittleg auke på 40,62% i mengd produserte biler kvart år kan Tesla nå ein årleg produksjon på 20 millionar biler per år (Q) innan 2030. Dersom dette vert tilfelle, vil den kumulative produksjonen ( $Q_c$ ) til Tesla være 68 385 487 biler innan år 2030, altså innan periode (n) 19 er omme som syna i «Vedlegg 6».

Vi kan nå nytte data, og stille den opp i ein ny figur «Figur 4.4», på same måte som i har gjort «Figur 4.1». Det første vi må gjere er å rekne ut «X»-verdien til periode 19, med talla vi har oppgitt i «Vedlegg 6». Likninga for Utrekning av «X»-verdien i periode 19 er syna i «Utrekning 4.5» ved bruk av «Formel 2.6».

$$X_n = \frac{Q_{cn}}{Q_{c1}}$$

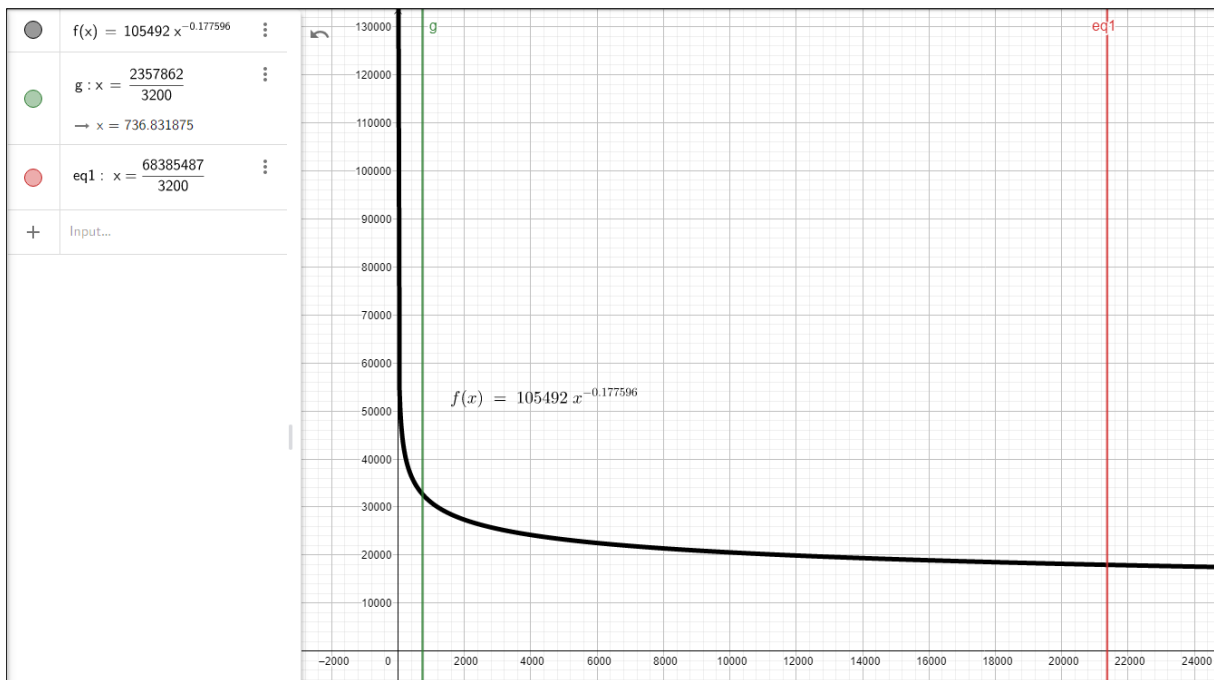
Formel 2.6: Wrights variabel «X»

$$X_{19} = \frac{68\,385\,487}{3200}$$

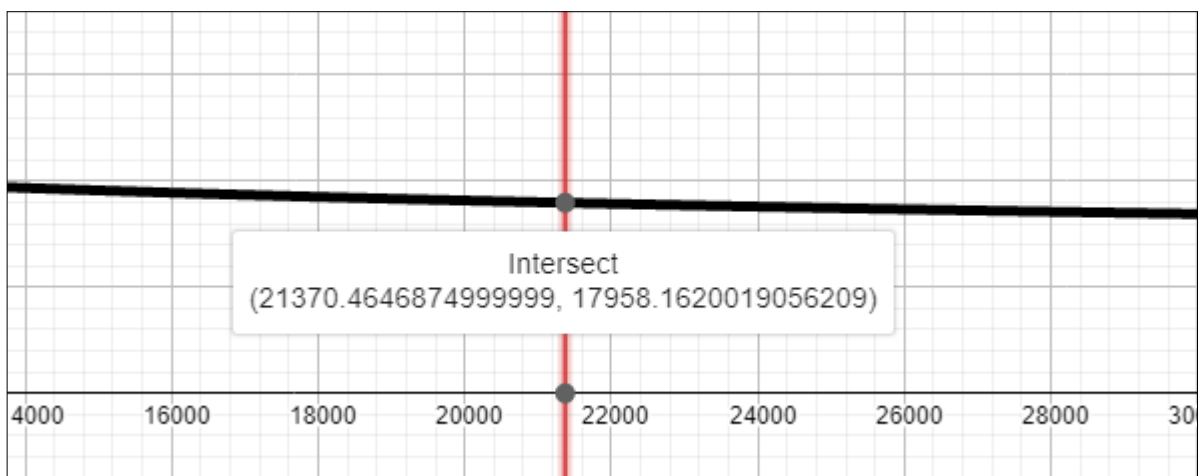
$$X_{19} = 21\,370,46$$

Utrekning 4.5: Utrekning av Tesla sin verdi for parameter «X» i periode 19

Den nye «X»-verdien for år 2030, periode (n) 19 vil bli satt inn i «Figur 4.4» som en vertikal raud linje. Den gamle «X»-verdien for år 2021, periode(n) 10 frå «Figur 4.1» vil framleis bli ståande som ein vertikal grøn linje.



Figur 4.4: Teslas parameter anvendt på Wrights modell, periode 19.



Figur 4.5: Produksjonskostnad periode 19 estimert av Wrights modell.

I «Figur 4.5» er kryssingspunktet frå «Figur 4.4». Wrights lov, ved bruk av tilhøyrande modell, føreseier ein produksjonskostnad per eining (Y) på \$17 958. Modellen predikerer denne kostnaden når «X»-verdien er 21 370,46. Dette vil sei når Tesla har produsert 68 385 487 biler jf. «Vedlegg 6» og «Utrekning 4.5». Ved bruk av vår sats rekna ut i «Vedlegg 6» på 40,62% auke i produserte biler kvart år, vil dette også vera ei føreseiing på Tesla sine produksjonskostnader per eining (Y) innan år 2030 er omme.

Det er framleis viktig å forstå forskjellen på ei føreseiing som baserer seg på mengd produserte einingar som variabel, og ei føreseiing som og baserer seg på å setje denne mengda inn i ei tidsramme.

## 5.0 Diskusjon

I diskusjonsdelen av oppgåva skal vi sjå nærmare på føreseiinga til modellen vår. Vi vil drøfte sannsynet for at tala vi har presentert er presise, samt gå nærmare inn på potensielle fallgruver og feilkjelder ein kan ha gått i. Vi har allereie satt Wrights modell opp mot Tesla sine tal i analysen. Som det blei belyst i analysen var det eit avvik mellom modell og verkelege tal. Det oppstod eit lite avvik i 2013, og eit større eit i perioden 2016 – 2018. Vi vil difor og undersøkje kreftane som kan ha påverka modellen vår til å gje oss dette avviket. I slutninga av diskusjonsdelen vil vi drøfte våre funn, og derav kome med ein konklusjon på problemstillinga vår «*Kan vi ved bruk av modellen til Theodore Paul Wright, føreseie framtidige produksjonskostnadar i den batteridrevne bilmærknaden?*».

### 5.1 Avvik ved vår modell

Dersom det oppstår store uforklarlege avvik mellom vår modell og verkelege tal, vil vi sjå Wrights modell som ueigna til å predikere produksjonskostnadar i den batteridrevne bilmærknaden. Grunna dette vil vi legge eit stort fokus på avviket vi har opplevd i analysen.

Frå «*Figur 4.3*» ser vi at eit lite avvik i 2013, samt eit større avvik i perioden 2016-2018. I kvartalsrapport Q2 2013 opplyser Tesla at produksjonen av Model S gjekk betre en forventa. Ein ser at Tesla evna å senke produksjonskostnadane marginalt meir enn det Wrights lov hadde føresagt for perioden. 2013 er den andre perioden under Tesla sin produksjon av bilar. Tidleg i produksjonen doblar den kumulative produserte mengda seg hyppig. At produksjonen aukar og bedrifta har eit bra år, fører til eit avvik mellom verkelege tal og Wrights lov. Dette er fordi Wrights lov føreseier ein kostnad ved bruk av ein «b» verdi som skal vere konstant over lengre tid. Ein kan difor rekne med at på kort sikt vil læringsraten ( $r$ ), som parameteren «b» er heilt avhengig av, inneha ein anna verdi enn den vi har rekna ut for ein 10 års periode.

I 2016 forklarar leiinga hjå Tesla at dei opplev problematikk rundt produksjonslinjene deira (Vakil, 2016). Dei introduserte den nye bilmodellen, Model 3, som medførte større kompleksitet rundt produksjonen. Model 3 skulle produserast i eit langt større volum enn dei to tidlegare introduserte modellane. Dette medførte stress for forsyningskjeden (Simpson, 2017). Manglande tilgang på råstoff og fungerande produksjonslinje resulterte i redusert produksjonskapasitet. Dette kommenterte ein av Tesla sine grunnleggjarar, Elon Musk, i år 2017: «*We had to rewrite all of the software from scratch, and redo many of the mechanical*

*and electrical elements of zone two of module production»* (Debord, 2017). Det kom fram i 2018 at leiinga hjå Tesla hadde gjort produksjonen for avhengig av automatisering, utan at kompleksiteten i automatiseringa vart tatt på alvor. Musk publiserte ein kommentar på den sosiale plattformen Twitter der han bekreftar unødig bruk av automatisering og for låg grad av menneskeleg innblanding under produksjonen av Tesla Model 3 (Musk, 2018).

Følgjeleg vart kostnaden per produserte eining høgare enn forventa. Eit slikt tilfelle vil ikkje Wrights lov kunne ta forbehold om. Framleis ser vi at innan den tiande periode har kostnaden per produserte eining normalisert seg inn mot Wrights lov si føreseiing.

Avvika visualisert i «Figur 4.3» kan difor forklarast både med at læringsraten varierer i 2013, samtidig som det oppstod interne feil på produksjonslinja deira i perioden 2016 - 2018.

### 5.1.1 Korleis kan vi bestemme om Wrights lov er godt egna?

Vi har no forklart at Wrights lov ikkje nødvendigvis tek i betraktning kortsiktige svingingar i produksjonskostnader. Vi meiner framleis at då Wrights lov er ein teoretisk framgangsmåte som i hovudsak skal brukast over lengre tid, kan vi ikkje vektlegge kortsiktige avvik for mykje. Vi meiner framleis at det er viktig å forstå desse avvika, kvifor dei oppstår og kva verknad dei har på modellen.

## 5.2 Korleis kan ein forstå avvika?

For å forstå avvika kan vi forsøke å påverke forholda til verksemda, slik at vi kan studere endring i oppførselen til avvika. Ved å gjere dette kan vi gå djupare i føreseiinga. Vi skil her på interne- og eksterne verknader på avvika.

### 5.2.1 Ekstern verknad på avvika

I det eksterne er det faktorar som kan medføre fatale konsekvensar for ei verksemd. Inflasjon, lønnspress samt forsyning og etterspurnad hjå råstoffa pressar på ei kvar verksemd. Ved ein stor variasjon hjå ein eller fleire av desse faktorane vil verksemda sine kostnader og inntekter bli påverka.

Dette er ein parallell vi kan trekkje til dagens situasjon. Våren 2022 har vore ekstraordinær. Vi har sett ein auke i alle råvareprisar, flaskehalsar i forsyningskjedene samt inflasjon som påverkar alle endar av økonomien (Stamper, 2022). Dette er konsekvensar få kunne føresei. Wrights lov kan få store avvik i slike periodar. Verken industriar, verksemdar eller individ er fri frå kreftar som gjer varer dyrare.

### 5.2.2 Intern verknad på avvika

På verksemdnivå må ein ta høgde for interne faktorar. Intern verknad kan bestå av avgjersler tatt av leiinga. Ein intern verknad på føreseiinga vi har synleggjort er eksempelvis der Tesla over-automatiserte produksjonen deira. Dette gav eit stort avvik mellom modell og verkelege tal.

Intern og ekstern verknad har moglegheita til å påverke kvarandre, og ein burde sjå relasjonen som nyansert. Vi er difor naud til å sjå nærmare på modellen i kapitlet, samt kor sannsynleg det er at våre utrekningar stemmer. På denne måten kan ein finne ut kor eventuelle usikkerheiter kan førekomme i vår modell.

### 5.2.3 Kan vi endre forholda til fenomenet for å eliminere avvika?

Då hensikt med oppgåva vår er å forsøke å føreseie framtidige produksjonskostnadar kan det vera gunstig å endre dei eksterne forholda slik at dei ikkje har innverknad på modellen.

For å sikre katastrofale avvik grunna til dømes forsyning og etterspurnad kan vi velje å sjå vekk frå desse faktorane spesifikt. Då det er vanskeleg å kalkulere kumulative doblingar i mengd produserte einingar fram i tid, kan det vera vanskeleg å inflasjonsjustere i Wrights lov. Det er framleis hensiktsmessig å sjå om ein kan modellere dette tidsintervallet. Avvik kan og førekomme av fleire interne og eksterne faktorar. Det vil difor vera mogleg å ta eit forhold om at konklusjonen ikkje stemmer dersom desse faktorane har endra seg betydeleg.

### 5.2.4 Potensielt optimale endringar



For å modellere Wrights lov korrekt ser vi det som hensiktsmessig å anta at inflasjonsjusteringa til modellen er korrekt. Vi vil og kome med ein føresetnad om at eksterne og interne faktorar i bedrifta ikkje har endra seg betydeleg.

### 5.3 Stemmer våre utrekningar?

I analysen rekna vi ut verdiar for parameterane i modellen. Vi rekna og ut verdiar for variabelen «X» for ulike tidsrammer. I tillegg til dette fann vi ein antatt årevis auke i bilproduksjonen til Tesla. I «Utrekning 4.1» for parameter «a» fekk vi verdien \$105 492. I «Utrekning 4.3» for parameter «b» fekk vi verdien -0,177596. I «Utrekning 4.5» av variabelen «X» i periode 10, fekk vi «X» verdien 736,83 med tilhøyrande produksjonskostnad på \$32 657,8 syna i «Figur 4.2». I «Utrekning 4.7» av framtidige auke i bilproduksjonen til Tesla fekk vi verdien 40,62%. Til slutt fekk vi og ein «X» verdi for periode 19, som er år 2030, på 21 370,46 med tilhøyrande produksjonskostnad på \$17 958,2 som syna i «Figur 4.5».

For å vera sikker på at desse tala stemmer er vi nøydt til å analysere tala kvar for seg. Vi må undersøkje moglege feil som kan føre til at tala blir feil. Vi må og avklare andre potensielle fallgruver ved utrekninga og sikkerheita bak kvart enkelt tall. Vi vil så til slutt kommentere kor sikker vi er på dei forskjellige elementa i modellen. Denne skalaen vil vera rangert med: «høg grad av sikkerheit», «middels grad av sikkerheit», og «låg grad av sikkerheit».

#### 5.3.1 Parameteren «a»

Den første verdien vi vil undersøkje er parameteren «a». Parameteren «a» er rekna ut ved bruk av data henta frå finansielle bokføringar. Verdien til denne parameteren vil alltid stemme, så langt selskapet som driv produksjonen har ført korrekte tall.

Denne parameteren er korrekt med høg grad av sikkerheit på bakgrunn av at data er henta frå eit børssnotert selskap.

#### 5.3.2 Parameteren «b»

Den andre verdien vi skal undersøkje er parameteren «b». Parameteren «b» er rekna ut ved bruk av data innhenta frå finansielle bokføringar. I motsetning til parameteren «a» derimot,

har NASA påpekt at verdien på denne parameteren kan endre seg over tid. Denne parameteren skal syne oss kva grad av læring verksemda oppnår innan den kumulative produksjonen har dobla seg. Som nemnt i kapittel «2.4.4 Wrights parameter  $b$ », kan verdien på læringsraten ( $r$ ) òg endre seg i takt med kor mykje av arbeidet som blir utført for hand, og kor mykje av arbeidet som blir utført av maskiner. Her er det viktig å forstå at læringsraten ( $r$ ) er sentral for å danne parameter « $b$ ». I kapittel «5.1 Avvik ved vår modell» har vi kommentert endringa i parameteren. Utviklinga i automatiseringa hjå el-bilproduksjonen er kome langt, og tydar på å halde fram. Dette opnar for ein framleis auke i graden av automatisering ved el-bilproduksjon i framtida, som førar til at parameter « $b$ » kan endre seg.

Essensen i automatisering er at det krev mindre manuelt arbeid for å ferdigstille produksjonsvaren. Eit godt eksempel på effektiv automatisering er då mjølkebønder byrja å nytte automatiserte mjølkeapparat for kyr. Dette medførte at mjølkeproduksjon krev mindre manuelt arbeid (Hårstad, 2019).

Det er verdt å leggje merke til forskjellen ved drivtoget hjå fossilbilar og el-bilar. Fossilbilar har omlag 200 delar i drivtoget, medan el-bilane til Tesla har 17 (Nally C, 2022). Grunna lågare kompleksitet i produksjonslinja hjå el-bilar er det og lettare å automatisere med stor presisjon. Det er difor ikkje grunnlag for å påstå at vidare automatisering av produksjonen vil stagnere. Parameteren « $b$ » har følgjeleg eit potensiale til å endre seg i framtida. Sjølv om utrekninga av parameteren alltid vil følgje same framgangsmåte, kan vi ikkje påstå at verdien til parameteren vil vera den same i år 2030 som i år 2021. Samtidig er det viktig å påpeke at det er vanskeleg å føreseie endring i verdi til parameteren ved vidare automatisering. NASA påpekte at verdien til parameteren er eit konstant tal, med relativt lik verdi innanfor ein gitt industri (Cyr, 2007). Dette kjem av kontinuerleg optimalisering av produksjonslinjer, kunnskapsdeling internt i industri samt samarbeid mellom verksemder.

På bakgrunn av dette kan vi med ein middels grad av sikkerheit seie at det ikkje oppstå drastiske endringar i parameter « $b$ » sin verdi.

### 5.3.3 Variabelen « $X$ » i periode 10

Den tredje verdien undersøkje er variabelen « $X$ » i periode 10. Variabelen er rekna ut ved bruk av data henta frå finansielle bokføringar. Data referert til er den kumulative produksjonen

selskapet har oppnådd, og den resulterte i ein «X» verdi på 736,83. «X» i periode 10 inngår i ein periode som allereie er gjennomført i dag. Dette betyr at mengd produserte bilar er tilgjengeleg i form av verkelege tall. Ved utrekning av variabelen «X» i denne perioden treng ein difor ikkje anta ein produksjon frem i tid.

Då periode 10 allereie er gjennomført, og vi har tala for kumulativ produksjon, kan vi med høg grad av sikkerheit påstå at denne verdien er korrekt.

#### 5.3.4 Auken i framtidig bilproduksjon

Den fjerde verdien skal undersøkje er auken i framtidig bilproduksjon. Denne verdien er naudsynt å finne dersom vi skal kunne føreseie ein kostnad til eit spesifikt år i framtida. Ved utrekning av dette talet har vi tatt førehand om at Tesla vil produsere 20 millionar biler årleg innan utgangen av 2030. For at dei skal oppnå dette må Tesla ha ein årleg auke i produksjon frå 2021 fram til 2030 på 40,62% som sett av «Vedlegg 6». I dette tilfellet er verdien «40,62%» ein nøyaktig estimering, gitt at Tesla vil produsere 20 millionar biler årleg innan år 2030.

Det er ikkje utrekninga som skapar usikkerheit rundt dette talet. Usikkerheita oppstår av meininga om at Tesla vil produsere 20 millionar biler årleg innan utgangen av 2030. Haldbarheita til dette talet er difor berre at Tesla har påstått at dette er realistisk. Eit slikt tal er vi nøydt til å rekne som spekulasjon. Det vil og sei at med mindre det er gjort ein eigen analyse av eit slikt tall, er det ikkje noko sikkerheit rundt verdien ein kjem fram til.

Vi kan difor med låg grad av sikkerheit påstå at denne verdien er korrekt.

#### 5.3.5 Variabelen «X» i periode 19

Den femte verdien undersøkje er variabelen «X» i periode 19. Variabelen er rekna ut ved bruka av data henta frå finansielle bokføringar, og data henta frå vår antatt framtidig auke i bilproduksjonen. Verdien rekna ut for «X» er 21 370,46. Verdien i seg sjølv vil vera riktig innan den tid verksemda har produsert 68 385 487 biler, som syna i kapittel «4.4 Korleis føreseier Wrights modell kostnader vidare inn i framtida?».

Usikkerheita ligg i om verksemda har klart å produsere denne mengda bilar innan utgangen av periode 19. Då den framtidige auken i bilproduksjonen er vanskeleg å føreseie, vil og sikkerheita til om denne «X» verdien er oppnådd innan periode 19 vera låg.

Vi kan difor med låg grad av sikkerheit seie at denne verdien er korrekt i periode 19.

### 5.3.6 Wrights lov føreseiing av produksjonskostnader

I «Figur 4.2» er «X»-verdien frå kapittel «5.2.3 Variabelen «X» i periode 10» nytta til å rekne ut produksjonskostnad for periode 10 ved bruk av Wrights lov. Produksjonskostnaden hamna på \$32 657,8 i periode 10.

I «Figur 4.3» samanlikna vi produksjonskostnadene Wrights lov føreseier med verkelege tal. Den verkelege produksjonskostnaden i perioden var \$34 839. Her er det observert ei avvik som sannsynlegvis har førekomme grunna dei større avvika i åra 2016 - 2018, som er periode 5 - 7. I periode 6 føresa Wrights lov ein verdi på \$47 171. Dette var toppen på avviket i «Figur 4.3», og den verkelege verdien var \$66 561. Det vi meiner er interessant med figuren er korleis dei verkelege tala tenderar tilbake mot Wrights lov si føreseiing når det nærmar seg periode 10. Dette er eit element å ta med i betraktning når vi seinare skal konkludere om Wrights lov er ein egna modell for å føreseie framtidige produksjonskostnader for den batteridrevne bilindustrien på lang sikt.

## 5.4 Feilkjelder

Det er ei rekkje feilkjelder vi må syne forståing for ved forskinga vår. Feilkjelda med størst konsekvens er grunnlaget for data vi har samla inn. Vi skal i denne oppgåva forsøke å nytte Wrights lov til å føresei framtidige produksjonskostnad i den batteridrevne bilmærknaden. Analysen vår har berre sett på talla frå éin el-bilprodusent. Dette er i seg sjølv eit element av usikkerheit. Vi kan ha utpeika ein produsent som gjer det eksepsjonelt godt, eller ein produsent som har svært dårleg optimalisering i produksjonen sin. Då vi berre belagar oss på data frå éin produsent er det ikkje sikkert dette er representativt for heile industrien. Andre aktørar kan ligge forran, eller bak i utviklinga av produksjonslinja. Dersom Tesla går konkurs vil det betyr at modellen vår potensielt må justerast for å passe neste verksemd, eller

industrien som ein heilheit. Sjølv om Tesla ikkje går konkurs er det ein moglegheit for at verksemda opererer annleis en dei andre i industrien.

Ei anna feilkjelde som kan førekome er feil i datasettet. Manuell innhenting av data medfører ein risiko for feilaktigheit. Å undersøkje data frå kvartalsrapportar har ein låg grav av kompleksitet. På bakgrunn av dette har vi konkludert med at dette ikkje er ein faktor som vil påverke feilaktigheita i betydeleg grad. Det vil alltid eksistera ein risiko for at det har førekome feil i sjølve kvartalsrapportane. Då data er henta frå ein børsnotert verksemd er det lite truleg.

Ved innhenting av data frå kvartalsrapportane er det oppgitt totale kostnadar for bilproduksjonen i inneverande periode. Det er og oppgitt mengd bilar produsert i perioden. Dersom det skulle inngått andre kostnadar enn dei variable kostnadane som inngår i bilproduksjonen, kan dette vera ei stor feilkjelde for vår endelege produksjonskostnad.

Samtidig er det naudsynt å slå fast at det ikkje ville førekome endringar i datasettet undervegs i forskinga. Endringane hadde førekome i innsamlingsfasen. Tesla publiserte kvartalsrapporten for første kvartal i 2022 etter innsamlingsfasen for forskinga vår. Difor valde vi å ekskludere denne.

Dersom unøyaktige utrekningar har førekome vil dette vera ei viktig feilkjelde. Feil i utrekningar ved å nytte mangelfulle formlar og/eller ukorrekt matematisk metode kan førekome. Sannsynet for dette er lågt, men likevel viktig å vera merksam på. Skulle dette oppstå ville det sannsynlegvis kome av ei feiltolking av eit element. Ein skriv som regel formlar slik ein forstår dei best. Dette gjer til at feiltolking av eit element kan vera ei feilkjelde.

Den siste feilkjelda vi ser som sentral å nemne er politisk usikkerheit, eller politiske skift som kan førekome. Dersom det synar seg at andre formar for teknologisk utvikling vil bli subsidiert ovanfor batteridrevne bilar i komande år, vil vår modellering fram til 2030 bli upresis. Politiske trendar styrer innovasjon i spesifikke retningar. Då el-bilproduksjon i dag er tungt subsidiert, vil ei brå-vending i det politiske landskapet føre til store konsekvensar for heile industrien. Denne eksterne feilkjelda er vanskeleg å føreseie, og kan ha fatale konsekvensar dersom vi skal sikte oss inn på eit spesifikt år for ein gitt produksjon.

#### 5.4.1 Føresetningar på bakgrunn av feilkjelder

I delkapittel «2.4.4 Wrights parameter « $b$ »» syna vi til at NASA påpeikte at internt i ein industri vil det vera ein gjennomsnittleg verdi for læringsrate. Gitt at dette er eit gjennomsnitt må vi ta høgde for at det eksisterer ytterpunkt i ein kvar industri. Dette kan medføre ein anna verdi for læringsraten hjå dei andre el-bilprodusentane. Det vil føre til at Tesla ikkje er representativ for heile industrien. Føresetninga vi ser naudsynt her er at Tesla sin læringsrate ligg akkurat på gjennomsnittet for industrien. Med denne føresetninga har vi ein sikkerheit for at Tesla er representativ for industrien.

Vi ser det og naudsynt å ha ein føresetnad om at det politiske landskapet ikkje gjennomgår større endringar. Her meiner vi endringar i form av kva retning innovasjon burde ta.

#### 5.5 Drøfting

I vår analyse har vi valt å sjå på Wrights lov sin evne til å føreseie ein produksjonskostnad innan ein spesifikk « $X$ » verdi er oppnådd. Vi har og gjennom analysen sett på moglegheita til å føreseie ein produksjonskostnad innan ein spesifikk periode « $n$ ». Gjennom «Figur 4.3» ser vi at Wrights lov held ein trend som ser ut til å spegle verkelege tal. Definisjonen til Wrights lov seier at for ein kvar dobling i kumulativ produksjon, vil produksjonskostnadane per eining reduserast med ein konstant prosent. Frå «Figur 4.3» kan vi sjå at over ein 10 års periode, stemmer dette nokså bra.

Vi vel framleis å sjå kritisk på dette. Det kan vera enkelt å sjå på Wrights lov i ettertid når ein har historisk data på den kumulative produksjon. Ved utrekning av Wrights lov sin predikasjon visste vi på førehand kor stor den kumulative produksjonen var. Om vi skulle gjort same berekninga for nokre år sidan, ville vi sannsynleg vis ikkje kome fram til same mengd produserte einingar.

Grunnen til at dette blir diskutert er fordi vi har og forsøkt å føreseie produksjonskostnaden til bedrifta innan periode 19. Her har vi komme med føresetnaden om at ein viss produsert mengd einingar vil bli nådd, innan perioden er omme. Dette er eit usikkerheits moment.

Her vil det difor førekomme eit sentralt spørsmål. Spørsmålet vil omhandlar korleis vi vel å definere «*framtidige produksjonskostnadar*» i problemstillinga vår. Problemstillinga seier: «*Kan vi ved bruk av modellen til Theodore Paul Wright, føreseie framtidige produksjonskostnadar i den batteridrevne bilmarknaden?*».

Her er vi nøydt til å avklare om å «føreseie ein gitt produksjonskostnad til ein spesifikk «X» verdi», betyr å «føreseie framtidige produksjonskostnadar». Vi er og nøydt til å avklare om å «føreseie ein gitt produksjonskostnad til ein spesifikk «n» verdi», betyr å «føreseie framtidige produksjonskostnadar».

#### 5.5.1 Å føreseie med ein spesifikk «n» verdi

Å føreseie produksjonskostnadar per eining med ein spesifikk «n» verdi, betyr det å føreseie ein produksjonskostnad per eining innan ein viss periode. Her meiner vi at dersom perioden ligg lenger fram i tid enn den perioden som er pågåande i dag, ser vi på dette som ein måte å føreseie framtidige produksjonskostnadar. Dette tilfellet vil difor inngå i vår problemstilling.

#### 5.5.2 Å føreseie med ein spesifikk «X» verdi

Når det gjeld å føreseie produksjonskostnadar per eining med ein spesifikk «X» verdi, betyr det å føreseie ein produksjonskostnad per eining innan ein viss kumulativ produksjon er nådd. Dette kjem av at «X» verdien er rekna ut av forholdet mellom kumulativ produksjon i dag, og kumulativ produksjon det fyrste år i drift. Her meiner vi at dersom den kumulative mengda ein vil føreseie produksjonskostnadane på ikkje er oppnådd i dag, er dette og ein måte å føreseie produksjonskostnadar på. Dette tilfellet vil difor inngå i vår problemstilling.

#### 5.5.3 Å føreseie i sin heilheit

I delkapittel «*3.1 Hensikt ved undersøkinga*» undersøker vi å skulle føreseie oppførselen til eit fenomen. Målet på presisjonen til ei føreseiing er kor godt teorien kan føreseie kva som skjer under spesielle føresetningar. Å føreseie eit fenomen framtidige oppførsel er den mest ambisiøse forma for hensikt. I samfunnsvitskapen er ein forsiktig med å kome med føresegn. På bakgrunn av dette har vi i delkapittel «*5.2.4 Potensielt optimale endringar*» drøfta kva føresetningar vi kan gjere oss for føreseiinga vår om framtidige produksjonskostnadar.

Føresetningane vi la til grunn i delkapittelet «5.4.1 føresetningar på bakgrunn av feilkjelder» betyr i praksis at verksemda opererer i eit optimaliserbart vakuum. Ein kan justere variablane etter ynskja utfall. Då kan ein undersøkje produksjonskostnadar langt fram i tid for ei rekkje forskjellige framtidsbilete. Dette gjer det mogleg å ta høgde for framtidig risiko, og gjere val basert på dette.



## 6.0 Konklusjon

Kapittelet vil svare på problemstillinga for oppgåva, på bakgrunn av kapittelet «5.0 *Diskusjon*». Vi vil fremje funna våre og sjå dei i lys av problemstillinga vår, så konkludere. Til slutt vil vi kome med forslag til vidare forskning.

Først må vi bryte ned problemstillinga og identifisere kva vi eigentleg stiller spørsmål ved. Problemstillinga er som følger:

*«Kan vi ved bruk av modellen til Theodore Paul Wright, føreseie framtidige produksjonskostnader i den batteridrevne bilmagnaden?».*

Problemstillinga vår tar utgangspunkt i Wrights lov og den tilhøyrande modellen. Vidare har vi fastsett to kumulative vilkår i problemstillinga. Vilkåra er 1. «føreseie framtidige produksjonskostnader», og 2. «i den batteridrevne bilmagnaden».

Det første vilkåret er hovudessensen i problemstillinga. Vi skal undersøkje moglegheita til å føreseie produksjonskostnader fram i tid. Å kome med ei føreseiing er alvorleg og ambisiøst. Det krev at ein gjer seg føresetningar om korleis røynda ser ut. For å kunne kome med ei presis føreseiing av produksjonskostnader er det viktig at inflasjonsjusteringa til modellen er korrekt. Dette omfamnar å ha eit korrekt estimat av produksjonsvolum fram i tid. Samtidig ser vi det naudsynt å ha ein føresetnad om at eksterne og interne faktorar i verksemda ikkje gjennomgår betydelege endringar. Utan desse forutsetningane kan vi ikkje sei at vilkåret er innfridd.

Det andre vilkåret eksisterer for å spesifikt undersøkje produksjonskostnad i den batteridrevne bilmagnaden. Vilkåret er naudsynt då det er denne magnaden vi er interessert i. Vi identifiserte ei rekkje kriterium for å treffe ei verksemd som berre produserte el-bilar. Vi kjem og med ein forutsetning om at Tesla sin læringsrate må ligge på gjennomsnittet for industrien. Utan denne forutsetninga kan vi ikkje konkludere med at vilkåret er innfridd.

Vi utarbeida to modellar som vi meiner har potensialet til å oppfylle desse kriteria. Desse modellane vert anvendt på Tesla. Den første modellen føreseier produksjonskostnader per

eining med omsyn på verdien til «n». Den andre modellen føreseier produksjonskostnaden per eining med omsyn på verdien til «X».

Ein må setje føresetningar for å nytte Wrights modell til å føresei framtidige produksjonskostnadar med ein sikkerheit vi er tilfreds med. Det er fyrst med forutsetningane vi legg til grunn, sett opp mot våre modellar, vi kan seie at vilkåra i problemstillinga er innfridd.

På problemstillinga «*Kan vi ved bruk av modellen til Theodore Paul Wright, føreseie framtidige produksjonskostnadar i den batteridrevne bilmarknaden?*», gitt føresetningane til grunn, kan vi seie at modellen evnar sitt formål.

Vi hadde eit ynskje om å undersøkje moglegheita til å nytte modellen til å skape ein sannsynsbasert risikofordeling. Vi ser det og som interessant å utvide omfanget av modellen til å sjå på andre fenomen. Grunna oppgåvas avgrensa omfang, har vi ikkje hatt anledning til dette. Vi er oppmuntrande til vidare forskning då modellen synar god presisjon.

## Referanser

- Alnes, J. H. (2021, 12 02). *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/metode>
- Araújo, D. (2018, 07 28). *Medium.com*. Hentet fra <https://ark-invest.com/articles/analyst-research/wrights-law-2/>
- Ark Invest. (2021). *Ark-invest*. Hentet fra <https://ark-invest.com/wrights-law/>
- Boudreau, J. (2012, 06 22). *Mercurynews*. Hentet fra <https://www.mercurynews.com/2012/06/22/tesla-motors-begins-delivering-model-s-electric-cars-in-a-silicon-valley-milestone-2/>
- Canalys. (2022, 02 14). *canalyst.com*. Hentet fra <https://www.canalys.com/newsroom/global-electric-vehicle-market-2021>
- Castano, I. (2022, 02 22). *Nasdaq.com*. Hentet fra <https://www.nasdaq.com/articles/can-tesla-build-20-million-cars-by-2030>
- Chandler, D. L. (2013, 03 06). *Phys.org*. Hentet fra <https://phys.org/news/2013-03-law-wright-tech.html>
- Cyr, K. (2007, 05 25). *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. Hentet fra <https://web.archive.org/web/20120830021941/http://cost.jsc.nasa.gov/learn.html>
- Debord, M. (2017, 11 02). *Businessinsider*. Hentet fra <https://www.businessinsider.com/tesla-model-3-production-battery-problems-troubling-2017-11?r=US&IR=T>
- Edelstein, S. (2019, 02 10). *Greencarreports.com*. Hentet fra <https://www.canalys.com/newsroom/global-electric-vehicle-market-2021>
- Gianfagna, M. (2021, 06 30). *synopsys*. Hentet fra <https://www.synopsys.com/glossary/what-is-moores-law.html>
- Gundersen, D. (2021, 11 07). *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/kumulativ>
- Hagen, S. M. (2019, 10 22). *CW.no*. Hentet fra <https://www.cw.no/elkjop-undersokelser/1-av-3-sliter-med-a-henge-med-i-den-teknologiske-utviklingen/793045>
- Hårstad, R. M. (2019). *Ruralis*. Hentet fra <https://ruralis.no/en/publications/r-2-19-bonden-familien-og-melkeroboten-en-ny-hverdag/?fbclid=IwAR3V1RsSVArpVr-391fIQXMWpt0dEOzso-FcVzznhSGwSs4bN5f32ahRCTY>
- IEEE. (2002, 08 06). *IEEEExplore.ieee*. Hentet fra <https://policonomics.com/learning-curve/>
- Jacobsen, D. I. (2021). I D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser* (s. 31). Cappelen damm AS.
- Jacobsen, D. I. (2021b). I D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser* (s. 64). Cappelen Damm AS.
- Lee, T. B. (2021, 12 13). *Fullstackeconomics*. Hentet fra <https://fullstackeconomics.com/untitled-2/>
- Morris, C. (2017, 08 17). *evannex.com*. Hentet fra <https://www.canalys.com/newsroom/global-electric-vehicle-market-2021>
- Motortrend. (2021, 05 14). *Motortrend.com*. Hentet fra <https://www.motortrend.com/features/electric-car-companies-make-electric-cars/>
- Musk, E. (2018, 04 13). *Twitter*. Hentet fra [https://twitter.com/elonmusk/status/984882630947753984?ref\\_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E984882630947753984%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Es1\\_&ref\\_url=https%3A%2F%2Fwww.buzzfeednews.com%2Farticle%2Fcarol-ineodonovan%2Ftesla-model-3-production-shutd](https://twitter.com/elonmusk/status/984882630947753984?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E984882630947753984%7Ctwgr%5E%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fwww.buzzfeednews.com%2Farticle%2Fcarol-ineodonovan%2Ftesla-model-3-production-shutd)
- Nagy, B., Farmer, D. J., Bui, Q. M., & Trancik, J. E. (2013, 02 28). *Journals pols climate*. Hentet fra <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0052669>

- Nally C. (2022, 04 08). *Mcnallyinstitute*. Hentet fra <https://www.mcnallyinstitute.com/how-many-moving-parts-in-a-tesla-engine/>
- Pesaran, A., & Neubauer, J. (2011, 12 01). *sciencedirect*. Hentet fra <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775311012377>
- Policonomics. (2017). *Policonomics.com*. Hentet fra <https://policonomics.com/learning-curve/>
- Sander, K. (2022, 03 03). *Estudie*. Hentet fra <https://estudie.no/hva-er-forskningsdesign/>
- Shahan, Z. (2021, 02 28). *Cleantechnica.com*. Hentet fra <https://www.nasdaq.com/articles/can-tesla-build-20-million-cars-by-2030>
- Simpson, P. (2017, 12 12). *Cips*. Hentet fra <https://www.cips.org/supply-management/news/2017/december/whats-behind-teslas-supply-chain-woes/>
- Stamper, C. (2022, 04 04). *dagbladet*. Hentet fra <https://dinside.dagbladet.no/bolig/nastiger-prisene/75719962>
- Statistica. (2022). *Statistica.com*. Hentet fra <https://www.statista.com/statistics/541390/global-sales-of-plug-in-electric-vehicle-manufacturers/>
- Tesla. (2022). *Ir.Tesla.com*. Hentet fra <https://ir.tesla.com/#tab-quarterly-disclosure>
- Tranøy, K. E. (2018, 02 18). *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/metode>
- Vakil, B. (2016, 05 26). *Resilinc*. Hentet fra <https://www.resilinc.com/blog/when-the-supply-chain-lets-you-down-key-takeaways-from-teslas-q1-delivery-shortfall/>
- Winton, B. (2019, 01 02). *Ark-invest*. Hentet fra <https://ark-invest.com/articles/analyst-research/wrights-law-2/>
- Wright, T. P. (1936, 02 01). *Semantic Scholar*. Hentet fra <https://www.semanticscholar.org/paper/Factors-affecting-the-cost-of-airplanes-Wright/45552fa9afba0c33f4a24cbc40e0b044938442cb>

## Vedlegg

Alle vedlegg som er nytta, eller referert til i oppgåva ligg under punkta «7.1 Vedlegg teori», «7.2 Vedlegg metode» og «7.3 Vedlegg analyse».

### Vedlegg Teori

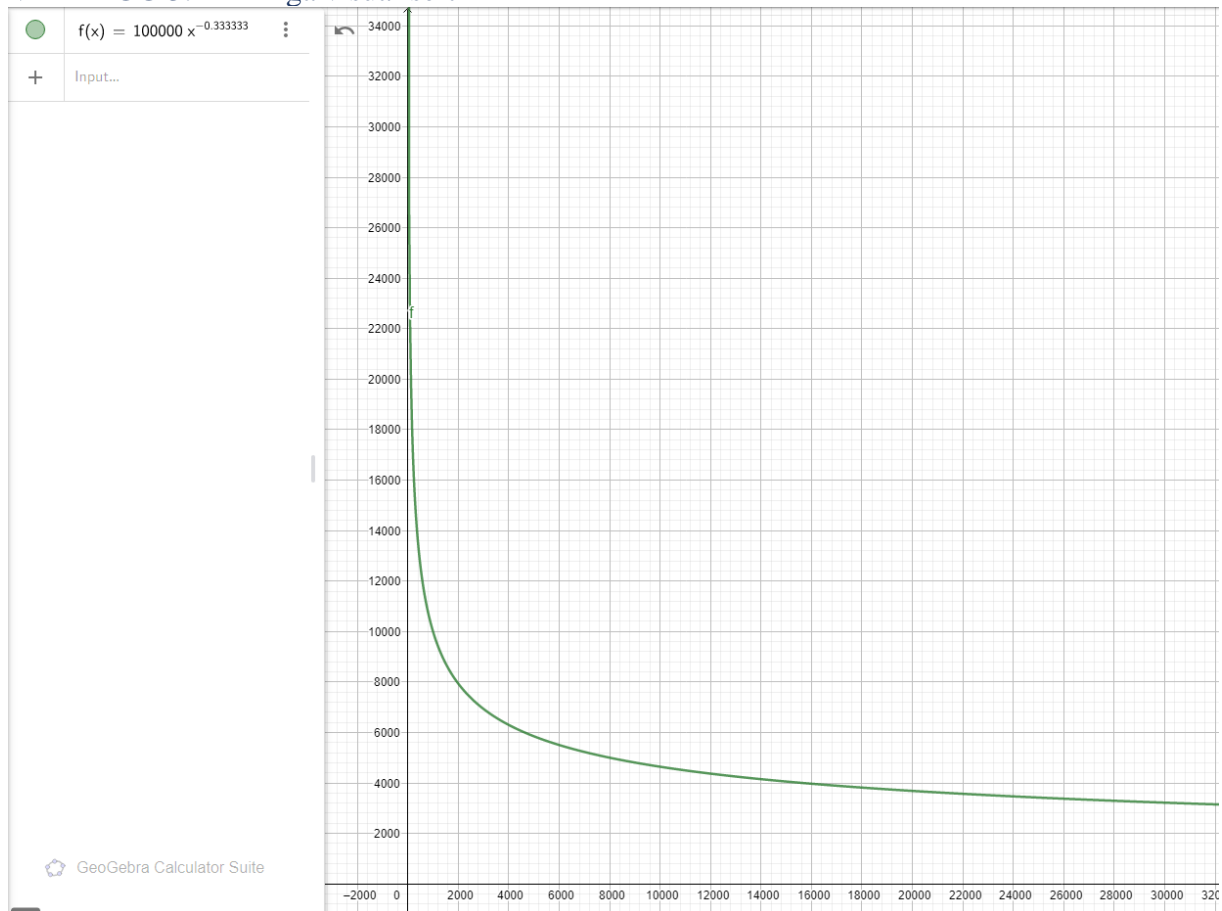
VEDLEGG 1: Eksemplar på X-verdiar ein kan nytte i analyse

Årstall (n)	Årlig produksjon (Q)	Kumulativ produksjon (Qc)	Verdien til X	X(n)
2016	1000	1000	1	X <sub>1</sub>
2017	2200	3200	3,2	X <sub>2</sub>
2018	3000	6200	6,2	X <sub>3</sub>
2019	5000	11000	11	X <sub>4</sub>

VEDLEGG 2: Eit mindre eksempel til datasett

"n"	Årstall "n"	Kostnad pr enhet "Y"
n=1	2016	100000
n=2	2017	75000
n=3	2018	60000
n=4	2019	50000

## VEDLEGG 3: Likninga visualisert



<https://www.geogebra.org/calculator>

## Vedlegg Metode

## VEDLEGG 4: Tesla sine kvartalsrapporter sortert i eit datasett

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Tesla kvartalsrapporter fra Q3 2012 - q4 2021 - Datasett									
2										
3										
4	År	Kvartal	Produserte biler kvartal	Kumulativt antall produserte biler	Kostnad oppgjitt i 1000		Kostnad oppgjitt i 1000	produserte biler periodevis	Antall perioder	
5	År	Kvartal	Produksjonsvolum Biler	Kumulativ produksjon Biler (C)	Total kostnad per kvartal	Kostnad per bil , per kvartal	Total kostnad, per periode (C)	Total produksjon, per periode (Q)	Periode (n)	Kostnad per bil, per periode (V)
6	2012	3	450	450	58 865	131			0	
7	2012	4	2 750	3 200	278 710	101	337 575	3 200	1	105 492
8	2013	1	4 900	8 100	461 818	94				
9	2013	2	5 150	13 250	303 599	59				
10	2013	3	5 500	18 750	324 883	59				
11	2013	4	6 892	25 642	453 578	66	1 543 878	22 442	2	68 794
12	2014	1	7 535	33 177	462 471	61				
13	2014	2	8 763	41 940	554 104	63				
14	2014	3	7 785	49 725	598 472	77				
15	2014	4	11 627	61 352	694 964	60	2 310 011	35 710	3	64 688
16	2015	1	11 160	72 512	631 745	57				
17	2015	2	12 807	85 319	666 368	52				
18	2015	3	13 091	98 410	628 729	48				
19	2015	4	14 037	112 447	896 441	64	2 823 283	51 095	4	55 256
20	2016	1	15 510	127 957	779 316	50				
21	2016	2	18 345	146 302	909 282	50				
22	2016	3	25 185	171 487	1 355 102	54				
23	2016	4	24 882	196 369	1 372 604	55	4 416 304	83 922	5	52 624
24	2017	1	25 418	221 787	1 496 649	59				
25	2017	2	25 708	247 495	1 472 578	57				
26	2017	3	25 336	272 831	1 755 622	69				
27	2017	4	24 565	297 396	1 999 631	81	6 724 480	101 027	6	66 561
28	2018	1	34 494	331 890	2 091 397	61				
29	2018	2	53 339	385 229	2 529 739	47				
30	2018	3	80 142	465 371	4 405 919	55				
31	2018	4	86 555	551 926	4 658 517	54	13 685 572	254 530	7	53 768
32	2019	1	77 138	629 064	2 856 209	37				
33	2019	2	87 048	716 112	4 253 763	49				
34	2019	3	96 155	812 267	4 014 000	42				
35	2019	4	104 981	917 248	4 659 000	44	15 782 972	365 322	8	43 203
36	2020	1	102 672	1 019 920	3 699 000	36				
37	2020	2	82 727	1 102 647	3 714 000	45				
38	2020	3	145 036	1 247 683	5 361 000	37				
39	2020	4	179 757	1 427 440	6 922 000	39	19 696 000	510 192	9	38 605
40	2021	1	180 338	1 607 778	6 457 000	36				
41	2021	2	206 421	1 814 199	7 119 000	34				
42	2021	3	237 823	2 052 022	8 150 000	34				
43	2021	4	305 840	2 357 862	10 689 000	35	32 415 000	930 422	10	34 839

## VEDLEGG 4: Første halvdel av datasettet

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Tesla kvartalsrapporter fra Q3 2012 - q4 2021 - Datasett					
3			<i>Producerte biler kvartalvi</i>	<i>Kumulativt antall produserte biler</i>	<i>Kostnad oppgitt i 1000</i>	
4	<b>Årstall</b>	<b>Kvartal</b>	<b>Produksjonsvolum Biler</b>	<b>Kumulativ produksjon Biler (Qe)</b>	<b>Total kostnad per kvartal</b>	<b>Kostnad per bil , per kvartal</b>
5						
6	2012	3	450	450	58 865	131
7	2012	4	2 750	3 200	278 710	101
8	2013	1	4 900	8 100	461 818	94
9	2013	2	5 150	13 250	303 599	59
10	2013	3	5 500	18 750	324 883	59
11	2013	4	6 892	25 642	453 578	66
12	2014	1	7 535	33 177	462 471	61
13	2014	2	8 763	41 940	554 104	63
14	2014	3	7 785	49 725	598 472	77
15	2014	4	11 627	61 352	694 964	60
16	2015	1	11 160	72 512	631 745	57
17	2015	2	12 807	85 319	666 368	52
18	2015	3	13 091	98 410	628 729	48
19	2015	4	14 037	112 447	896 441	64
20	2016	1	15 510	127 957	779 316	50
21	2016	2	18 345	146 302	909 282	50
22	2016	3	25 185	171 487	1 355 102	54
23	2016	4	24 882	196 369	1 372 604	55
24	2017	1	25 418	221 787	1 496 649	59
25	2017	2	25 708	247 495	1 472 578	57
26	2017	3	25 336	272 831	1 755 622	69
27	2017	4	24 565	297 396	1 999 631	81
28	2018	1	34 494	331 890	2 091 397	61
29	2018	2	53 339	385 229	2 529 739	47
30	2018	3	80 142	465 371	4 405 919	55
31	2018	4	86 555	551 926	4 658 517	54
32	2019	1	77 138	629 064	2 856 209	37
33	2019	2	87 048	716 112	4 253 763	49
34	2019	3	96 155	812 267	4 014 000	42
35	2019	4	104 981	917 248	4 659 000	44
36	2020	1	102 672	1 019 920	3 699 000	36
37	2020	2	82 727	1 102 647	3 714 000	45
38	2020	3	145 036	1 247 683	5 361 000	37
39	2020	4	179 757	1 427 440	6 922 000	39
40	2021	1	180 338	1 607 778	6 457 000	36
41	2021	2	206 421	1 814 199	7 119 000	34
42	2021	3	237 823	2 052 022	8 150 000	34
43	2021	4	305 840	2 357 862	10 689 000	35

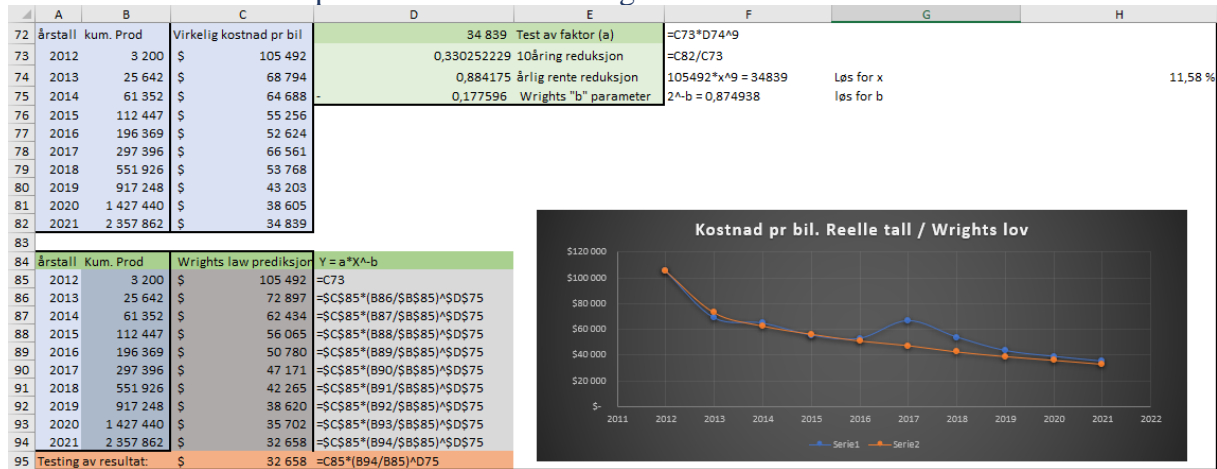


## VEDLEGG 4: Andre halvdel av datasettet

G		H		I	J
Kostnad oppgitt i 1000		produserte biler periodevis		Antall perioder	
Total kostnad, per periode (C)	Total produksjon, per periode (Q)	Periode (n)	Kostnad per bil, per periode (Y)		
		0			
337 575	3 200	1	105 492		
1 543 878	22 442	2	68 794		
2 310 011	35 710	3	64 688		
2 823 283	51 095	4	55 256		
4 416 304	83 922	5	52 624		
6 724 480	101 027	6	66 561		
13 685 572	254 530	7	53 768		
15 782 972	365 322	8	43 203		
19 696 000	510 192	9	38 605		
32 415 000	930 422	10	34 839		

Vedlegg Analyse

VEDLEGG 5: Kostnad per bil. Reelle tall / Wrights lov

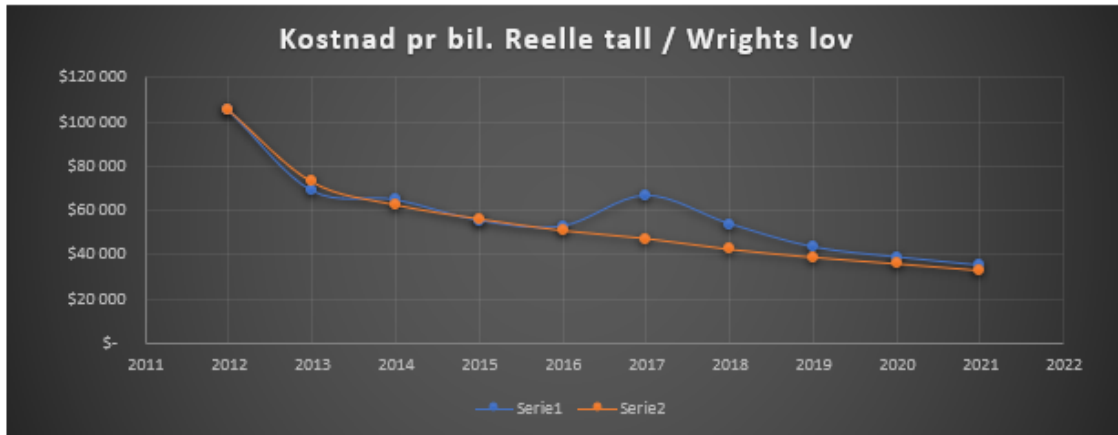


VEDLEGG 5: Første halvdel: datasett

	A	B	C	D
72	årstall	kum. Prod	Virkelig kostnad pr bil	34 839
73	2012	3 200	\$ 105 492	0,330252229
74	2013	25 642	\$ 68 794	0,884175
75	2014	61 352	\$ 64 688	0,177596
76	2015	112 447	\$ 55 256	
77	2016	196 369	\$ 52 624	
78	2017	297 396	\$ 66 561	
79	2018	551 926	\$ 53 768	
80	2019	917 248	\$ 43 203	
81	2020	1 427 440	\$ 38 605	
82	2021	2 357 862	\$ 34 839	
83				
84	årstall	Kum. Prod	Wrights law prediksjon	$Y = a * X^b$
85	2012	3 200	\$ 105 492	$=C73$
86	2013	25 642	\$ 72 897	$=\$C\$85*(B86/\$B\$85)^{\$D\$75}$
87	2014	61 352	\$ 62 434	$=\$C\$85*(B87/\$B\$85)^{\$D\$75}$
88	2015	112 447	\$ 56 065	$=\$C\$85*(B88/\$B\$85)^{\$D\$75}$
89	2016	196 369	\$ 50 780	$=\$C\$85*(B89/\$B\$85)^{\$D\$75}$
90	2017	297 396	\$ 47 171	$=\$C\$85*(B90/\$B\$85)^{\$D\$75}$
91	2018	551 926	\$ 42 265	$=\$C\$85*(B91/\$B\$85)^{\$D\$75}$
92	2019	917 248	\$ 38 620	$=\$C\$85*(B92/\$B\$85)^{\$D\$75}$
93	2020	1 427 440	\$ 35 702	$=\$C\$85*(B93/\$B\$85)^{\$D\$75}$
94	2021	2 357 862	\$ 32 658	$=\$C\$85*(B94/\$B\$85)^{\$D\$75}$
95	Testing av resultat:		\$ 32 658	$=C85*(B94/B85)^D75$

VEDLEGG 5: Andre halvdel: visualisering av datasett

E	F	G	H
Test av faktor (a)	=C73*D74^9		
10åring reduksjon	=C82/C73		
årlig rente reduksjon	105492*x^9 = 34839	Løs for x	11,58 %
Wrights "b" parameter	2^-b = 0,874938	Løs for b	



VEDLEGG 6: Økning i produksjon inn mot 2030, Tesla.

År	Periode (n)	Produksjon per periode(Q)	Kumulativ produksjon (QC)	årlig økning i produksjon	Notis
2012	1	3 200	3 200	NA	Uberegnelig
2013	2	22 442	25 642	601,31 %	Reelt
2014	3	35 710	61 352	59,12 %	Reelt
2015	4	51 095	112 447	43,08 %	Reelt
2016	5	83 922	196 369	64,25 %	Reelt
2017	6	101 027	297 396	20,38 %	Reelt
2018	7	254 530	551 926	151,94 %	Reelt
2019	8	365 322	917 248	43,53 %	Reelt
2020	9	510 192	1 427 440	39,66 %	Reelt
2021	10	930 422	2 357 862	82,37 %	Reelt
2022	11	1 308 359	3 666 221	40,62 %	Estimert
2023	12	1 839 815	5 506 036	40,62 %	Estimert
2024	13	2 587 148	8 093 184	40,62 %	Estimert
2025	14	3 638 047	11 731 232	40,62 %	Estimert
2026	15	5 115 822	16 847 054	40,62 %	Estimert
2027	16	7 193 869	24 040 923	40,62 %	Estimert
2028	17	10 116 019	34 156 942	40,62 %	Estimert
2029	18	14 225 146	48 382 087	40,62 %	Estimert
2030	19	20 003 400	68 385 487	40,62 %	Estimert



# Høgskulen på Vestlandet

## Bacheloroppgave

BO6-2011-BO-2022-VÅR-FLOWassign

### Predefinert informasjon

<b>Startdato:</b>	11-05-2022 00:00	<b>Termin:</b>	2022 VÅR
<b>Sluttdato:</b>	25-05-2022 14:00	<b>Vurderingsform:</b>	Norsk 6-trinns skala (A-F)
<b>Eksamensform:</b>	Bacheloroppgåve		
<b>Flowkode:</b>	203 BO6-2011 1 BO 2022 VÅR		
<b>Intern sensor:</b>	(Anonymisert)		

### Deltaker

<b>Kandidatnr.:</b>	417
---------------------	-----

### Informasjon fra deltaker

<b>Antall ord *:</b>	12241
----------------------	-------

**Egenerklæring \*:** Ja  
**Jeg bekrefter at jeg har** Ja  
**registrert**  
**oppgavetittelen på**  
**norsk og engelsk i**  
**StudentWeb og vet at**  
**denne vil stå på**  
**vitnemålet mitt \*:**

### Gruppe

<b>Gruppenavn:</b>	(Anonymisert)
<b>Gruppenummer:</b>	18
<b>Andre medlemmer i gruppen:</b>	423

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min \*

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? \*

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? \*

Nei