

Eine empirische Analyse des Okunschen Gesetzes

Anwendung der Regressionsanalyse

Leon Hackl

13.11.20

1 Einführung

Im Jahr 1962 veröffentlichte der amerikanische Ökonom Arthur Melvin Okun einen Artikel in dem er den negativen empirischen Zusammenhang zwischen der Arbeitslosenquote und dem realen Bruttoinlandsprodukt (BIP) anhand von Wirtschaftsdaten aus den USA untersuchte. Dieser, von ihm entdeckte Zusammenhang wurde später als Okunsches Gesetz bekannt. Die Kernaussage seiner Theorie besagt, dass ein Anstieg des realen Bruttoinlandsprodukts, mit einem fall der Arbeitslosenquote einhergeht und vice versa. Die durch Okun durchgeführten Forschungen führten zu folgender Beziehung:

$$\text{Prozentuale Änderung des BIP} = 3\% - 2 \cdot \text{Änderung der Arbeitslosenquote}$$

Laut Okun's empirischer Analyse beträgt das durchschnittliche Wachstum des Bruttoinlandsprodukts bei einer unveränderten Arbeitslosenquote 3%, steigt hingegen die Arbeitslosenquote um einen Prozentpunkt, so sinkt das Bruttoinlandsprodukt durchschnittlich um 2%. Hierbei ist zu beachten dass sich Okun's Beobachtungen lediglich auf erhobene Daten aus den USA für den Zeitraum zwischen 1954 und 1962 beziehen. Mithilfe des Okunschen Gesetzes lassen sich einfache Prognosen erstellen, so führt beispielsweise ein Anstieg der Arbeitslosenquote um zwei Prozentpunkte von 6% auf 8% zu einer Verminderung des realen BIP um 1%.

$$\text{Prozentuale Änderung des BIP} = 3\% - 2 \cdot (8\% - 6\%) = -1\%$$

In diesem Beispiel würde die von Okun beobachtete Beziehung also auf eine womöglich bevorstehende Rezession hinweisen. In den folgenden Kapiteln möchten wir uns nun zuerst mit den beiden Begriffen Bruttoinlandsprodukt und Arbeitslosigkeit beschäftigen, bevor wir uns ausführlich mit dem Ökonometrischen Modell der Regressionsanalyse auseinandersetzen werden. Basierend auf diesen Kenntnissen werden wir anschließend eine empirische Analyse durchführen, um zu überprüfen ob Okun's Forschungen auch in der heutigen Zeit und unter Verwendung aktueller Wirtschaftsdaten noch als aktuell betrachtet werden kann. Hierzu werden wir Daten aus den USA, Deutschland sowie aus Japan verwenden.

2 Das Bruttoinlandsprodukt

Für die meisten Ökonomen gilt das Bruttoinlandsprodukt als die beste Kennzahl zur Erfassung der gesamtwirtschaftlichen Lage. Es misst den Wert aller im Inland hergestellten Güter und Dienstleistungen einer bestimmten Periode, das BIP versucht also den Wert aller ökonomischen Aktivitäten einer Volkswirtschaft in einer einzigen Kennzahl zusammenzufassen. Die Grundsteine des Bruttoinlandsprodukts gehen auf den britischen Ökonomen William Petty zurück, der bereits im 17. Jahrhundert versuchte durch Datenerhebungen und empirische Forschungen Zusammenhänge zwischen der wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes und dem Wohlstand der Bürger zu untersuchen. Hierbei ist zu beachten dass das BIP auf zwei unterschiedliche Arten dargestellt werden kann, zum einen basierend auf den aktuell laufenden Marktpreisen aller Waren und Dienstleistungen (nominales BIP) als auch anhand des Wertes aller Waren und Dienstleistungen bezogen auf konstante Basisjahrespreise (reales BIP). Die Berechnung des BIP kann hierbei auf drei verschiedene Arten erfolgen, wobei alle drei Möglichkeiten auf das gleiche Ergebnis schließen:

- **Entstehung:** Erfasst den Produktionswert aller Güter und Dienstleistungen für den Endverbrauch. In der Entstehungsrechnung wird das BIP ermittelt, indem zunächst der gesamte Produktionswert aller produzierten Güter und Dienstleistungen errechnet wird. Von diesem Wert werden im nächsten Schritt alle Vorleistungen abgezogen.
- **Verteilung:** Erfasst die Summe aller Einkommen. Die Verteilungsrechnung verrechnet das Nettonationaleinkommen mit den Produktions- und Importabgaben an den Staat sowie den Subventionen des Staates. Hieraus gelangt man zum Volkseinkommen dass schließlich mit dem Arbeitnehmerentgelt und den Unternehmens- sowie Vermögenseinkommen verrechnet wird.
- **Verwendung:** Erfasst den Wert aller Ausgaben. Im Rahmen der Verwendungsrechnung werden zunächst alle Ausgaben ermittelt, die von den Konsumenten eines Landes für den Kauf von Endprodukten aufgebracht wurden. Zu dem Wert aller privat erworbenen Endprodukte werden darüber hinaus auch alle vom Staat erbrachten Konsumleistungen hinzugefügt, sowie die Summe aller Bruttoinvestitionen.

Die Berechnung erfolgt hierbei nach internationalen Standards, die von dem Internationalen Währungsfonds (IMF), der Europäischen Kommission (EC), der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), den Vereinten Nationen (UN) und der Weltbank entwickelt worden sind.

3 Arbeitslosigkeit

Die Arbeitslosigkeit ist eines der am meisten diskutierten makroökonomischen Probleme unserer heutigen Zeit, Ökonomen beschäftigen sich daher intensiv mit den verschiedenen Formen von Arbeitslosigkeit um ihre Ursachen zu analysieren und durch passende wirtschaftspolitische Maßnahmen zu bekämpfen. Doch wieso gibt es in unserer Gesellschaft überhaupt Arbeitslosigkeit? Um diese Frage zu beantworten möchten wir uns in den nächsten Abschnitten kurz mit den verschiedenen Arten von Arbeitslosigkeit und deren Ursachen beschäftigen.

3.1 Strukturelle Arbeitslosigkeit

Als Strukturelle Arbeitslosigkeit bezeichnet man die Arbeitslosigkeit, die sich durch Reallohnstarrheiten und Arbeitsplatzrationierung ergibt. Strukturelle Arbeitslosigkeit entsteht durch eine nicht stattfindende Senkung des Lohnsatzes trotz eines Überangebots am Arbeitsmarkt. Einer der Hauptgründe dieses Verhaltens ist unter anderem die Mindestlohngesetzgebung. Mindestlöhne setzen eine Untergrenze für Löhne die von Unternehmen nicht unterschritten werden darf. Dabei hat der Mindestlohn auf die meisten Arbeitnehmer keinen Effekt da ihr Lohnsatz deutlich über dem des Mindestlohns liegt, jedoch hebt der Mindestlohn insbesondere für ungelernte und unerfahrene Arbeitnehmer den Lohn an, was zu einer Verminderung der Nachfrage nach diesen Arbeitnehmern bei den Unternehmen hervorruft. Ein weiterer Grund für Strukturelle Arbeitslosigkeit sind Gewerkschaften und Tarifverhandlungen. Besonders im europäischen Raum werden viele Arbeitnehmer nach Tarifvertrag entlohnt, so liegt zum Beispiel der Anteil der Beschäftigten die nach Tarifvertrag entlohnt werden in Deutschland bei 56%, verglichen mit den Vereinigten Staaten mit einem Anteil von etwa 13%. Im Falle von Tarifverträgen bestimmen sich die Löhne jener Arbeitnehmer also nicht aus einem Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage, sondern sind vielmehr das Ergebnis von Verhandlungen zwischen Gewerkschaften und Arbeitgebern. Der dritte Grund lässt sich durch die Effizienzlohntheorie beschreiben. Die Effizienzlohntheorie basiert auf der Annahme, dass höhere Löhne produktivitätssteigernd wirken, dies könnte möglicherweise eine Erklärung dafür sein warum Unternehmen trotz eines Überangebots an Arbeit darauf verzichten die Löhne zu senken.

3.2 Konjunkturelle Arbeitslosigkeit

Die Konjunkturelle Arbeitslosigkeit entsteht – wie der Name schon erahnen lässt – aus konjunkturellen Schwankungen der Volkswirtschaft. Werden zum Beispiel durch eine bevorstehende Rezession weniger Güter nachgefragt, müssen weniger Produkte hergestellt werden.

Die Unternehmen benötigen weniger Arbeitskräfte und Beschäftigungsverhältnisse müssen aufgelöst werden. Die konjunkturelle Arbeitslosigkeit kann sich auf einzelne Regionen oder eine ganze Volkswirtschaft beziehen. Kennzeichnend ist jedoch, dass sie üblicherweise nicht von langer Dauer ist.

3.3 Friktionelle Arbeitslosigkeit

Friktionelle Arbeitslosigkeit – oftmals auch als Sucharbeitslosigkeit bezeichnet – entsteht, wenn Arbeitnehmer häufig ihren Arbeitsplatz wechseln und nicht unmittelbar danach wieder ein neues Beschäftigungsverhältnis finden. Diese Form der Arbeitslosigkeit ist nicht immer unfreiwillig. Kündigt der Arbeitnehmer selbst, ist sie der freiwilligen Arbeitslosigkeit zuzurechnen. Wie lange die friktionelle Arbeitslosigkeit andauert, hängt dabei von mehreren Faktoren ab, an erster Stelle jedoch von der Arbeitsvermittlung. Diese kann staatlich oder privat geleitet werden. Wichtig dabei ist, dass diese Vermittlung möglichst schnell handelt und nach freien Stellen sucht, die zu einer neuen Beschäftigung für die jeweilige Person führen kann.

4 Das Ökonometrische Modell

Die meisten traditionellen statistischen Methoden in der Ökonometrie basieren darauf, die erhobenen Daten auf eine bereits vorher festgelegte Beziehung zu untersuchen (bspw. einen linearen Zusammenhang). Dabei nehmen die verwendeten Modelle an, dass der echten Beziehung ein stochastischer Prozess unterliegt. Die Modelle können also nur so gut wie ihre jeweilige Spezifikation sein, auch wenn die vorliegenden Daten eine abweichende Beziehung erkennen lassen. Arthur Melvin Okun verwendete für seine Analysen ein einfaches lineares Modell – auch Einfachregression genannt – um die Korrelation zwischen BIP und Arbeitslosenquote zu bestimmen. Im Folgenden wollen wir uns zunächst genauer mit der Regressionsanalyse und der Einfachregression beschäftigen bevor wir die besprochenen Methoden auf aktuelle Wirtschaftsdaten anwenden werden.

4.1 Die Regressionsanalyse

Sowohl in der Wissenschaft als auch in Technik und Alltag kommt immer wieder die Frage auf, wie eine Variable die uns speziell interessiert, von einer anderen Variable abhängt. Diese grundlegende Frage versucht die statistische Regressionsanalyse zu beantworten, weswegen sie wohl zu den am häufigst verwendeten statistischen Methoden in der Ökonometrie gehört.

Wir bezeichnen y als unsere Zielgröße, die über eine Funktion $h(x)$ von den Eingangsgrößen bzw. den erklärenden Variablen x_i abhängt. Wir beschreiben das Modell mittels folgender Formel:

$$y_i = h(x_i) + e_i \quad (1)$$

Wobei wir den Parameter e_i als Fehler bezeichnen möchten. Der Fehlerwert ist der Teil der Zielgröße, der nicht durch die Eingangsgrößen erklärt werden kann.

4.2 Das Modell der Einfachregression

Die einfachste Funktion die wir für $h(x)$ wählen können ist eine lineare Funktion in der Form:

$$h(x_i) = \theta_0 + \theta_1 x_i \quad (2)$$

Dies führt uns zu dem Modell der linearen Einfachregression:

$$y_i = \theta_0 + \theta_1 x_i + e_i \quad (3)$$

Mit passenden Modellparametern θ_0 und θ_1 . Wobei θ_0 den Achsenabschnitt darstellt und θ_1 die Steigung der Geraden misst. Da der Parameter θ_1 vor der Eingangsgröße x_i auftritt, wird dieser auch als Regressionskoeffizient bezeichnet. In der Ökonometrie versucht man nun, die wahre Funktion $h(x)$ mit einer Funktion $f(x)$ zu approximieren. In den meisten Fällen nimmt man dazu an, dass die funktionale Form von f der Form der wahren Funktion h entspricht, so dass dann lediglich noch die Parameterwerte θ_0 und θ_1 die den Verlauf der Funktion spezifizieren, mithilfe der vorliegenden Daten geschätzt werden müssen. Das bekannteste Verfahren, wie die zu den vorliegenden Daten best-passende Gerade zu schätzen ist, nennt sich hierbei Kleinste Quadrate (KQ). Mittels des Prinzips der kleinsten Quadrate werden die Parameter so bestimmt, dass die Summe der quadrierten Abweichungen der echten Daten und der geschätzten Werte minimal wird. Es gilt:

$$\min_{\theta_0, \theta_1} Q = \sum_{i=1}^n (y_i - (\theta_0 + \theta_1 x_i))^2 = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (4)$$

Mit den Fehlerwerten $e_i = y_i - \hat{y}_i$. Durch das Lösen des obigen Optimierungsproblems gelangt man zu den folgenden KQ-Schätzern für θ_0 und θ_1 :

$$\hat{\theta}_0 = \bar{y} - \hat{\theta}_1 \cdot \bar{x} \quad (5)$$

$$\hat{\theta}_1 = \frac{S_{xy}}{S_{0x}^2} \quad (6)$$

Hieraus folgt schließlich der geschätzte Zusammenhang bzw. die Regressionsgerade in folgender Form:

$$\hat{y}_i = \hat{\theta}_0 + \hat{\theta}_1 x_i \quad (7)$$

4.3 Annahmen der Einfachregression

Zur Durchführung einer linearen Einfachregression werden eine Reihe von Annahmen getroffen, die das zugrunde liegende Modell betreffen. Im Folgenden möchten wir die wichtigsten dieser Annahmen knapp erläutern.

- **Linearität:** Die Beziehung zwischen Zielgröße y und Eingangsgröße x ist linear.
- **Normalverteilung der Fehler:** Die Fehlerterme e sind normalverteilt mit $e \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2)$.
- **Homoskedastizität:** Die Fehlerterme e besitzen für alle x die gleiche Streuung, es gilt: $\text{Var}(e|x) = \text{Var}(e) = \sigma$.
- **Unkorreliertheit der Fehler:** Die Fehlerterme e sind unkorreliert, es gilt: $\text{Cov}(e_i, e_j) = 0$ für $i \neq j$.

4.4 Das Bestimmtheitsmaß

Um die Anpassungsgüte der Einfachregression beurteilen zu können verwenden wir das sogenannte Bestimmtheitsmaß (R^2). Das R^2 gibt an, wie gut unsere Zielgröße y durch die Eingangsvariablen x erklärt werden kann. Dabei liegt es immer zwischen 0 (unbrauchbares Modell) und 1 (perfekter Zusammenhang) und beschreibt wie viel Streuung in den vorliegenden Daten durch das Regressionsmodell beschrieben werden kann. Anzumerken ist, dass das Bestimmtheitsmaß bei der linearen Einfachregression genau dem Quadrat des Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten (r_{xy}) entspricht. Wir schreiben:

$$R^2 \equiv \frac{S_{0\hat{y}}^2}{S_{0y}^2} = \frac{\text{erklärte Varianz}}{\text{Gesamtvarianz}} = 1 - \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{\text{unerklärte Varianz}}{\text{Gesamtvarianz}} = r_{xy}^2 \quad (8)$$

Das R^2 nutzt hierbei das Konzept der Varianzzerlegung. Die Varianzzerlegung besagt dass sich die Varianz der Zielgröße y in erklärte Varianz und nicht erklärte Varianz (Fehlervarianz) zerlegen lässt:

$$S_{0y}^2 = S_{0\hat{y}}^2 + S_{0\hat{e}}^2 \quad (9)$$

4.5 Hypothesentests

Wir möchten uns nun mit der Frage beschäftigen ob der von uns geschätzte Regressionskoeffizient $\hat{\theta}_1$ auch tatsächlich mit den Daten aus der Stichprobe verträglich ist. Da es sich bei $\hat{\theta}_1$ um eine Zufallsvariable handelt, können wir uns nie ganz sicher sein dass der geschätzte Wert nicht vom wahren Wert abweichen wird. Die Frage die wir uns stellen müssen ist, ob die Abweichung unseres geschätzten Wertes $\hat{\theta}_1$ so groß ist, dass wir das Modell als nicht zutreffend erklären, und ablehnen müssen. Diese Frage lässt sich mithilfe eines statistischen Tests beantworten. Meistens wollen wir die Hypothese testen ob $\theta_{H_0} = 0$ gilt, wir möchten also herausfinden ob der von uns geschätzte Regressionskoeffizient überhaupt einen signifikanten Einfluss auf unser Modell besitzt. Wir schreiben:

$$H_0 : \theta = 0$$

$$H_A : \theta \neq 0$$

Mit der Nullhypothese H_0 und der Alternativhypothese H_A . Zusätzlich müssen wir noch ein Signifikanzniveau α festlegen, welches die maximale Wahrscheinlichkeit für bestimmte Fehlschlüsse angibt. Man sollte vor Durchführung der Untersuchung festlegen, welches Signifikanzniveau man fordert. Meistens entscheidet man sich für eine Grenze von 10%, 5% oder 1%. Als Teststatistik eignet sich üblicherweise eine standardisierte Form der Differenz zwischen geschätztem und echtem Wert des zu testenden Parameters:

$$T = \left| \frac{\hat{\theta}_1 - \theta_{H_0}}{\sqrt{\text{Var}(\hat{\theta}_1)}} \right| \quad \text{wobei } T \sim t_{(n-2)} \quad (10)$$

Die Teststatistik T folgt hierbei einer sogenannten t-Verteilung mit $n - 2$ Freiheitsgraden. Mithilfe von Tabellen der t-Verteilung kann man nun den für das gewählte Signifikanzniveau α passenden kritischen Wert c bestimmen. Die Nullhypothese H_0 wird verworfen sollte $T > c$ gelten, sie wird beibehalten sollte $T < c$ gelten.

4.6 Konfidenzintervalle

Möchte man anstelle eines bestimmten Wertes testen welche Menge an Werten insgesamt als plausibel angenommen werden können, so bestimmt man üblicherweise ein sogenanntes Konfidenzintervall. Ein Konfidenzintervall (KI) für den Parameter θ ist das Intervall, das bei einer unendlichen Wiederholung eines Zufallsexperiments mit Wahrscheinlichkeit $(1 - c) \cdot 100\%$ den wahren Parameter θ abdeckt. Für den geschätzten Regressionskoeffizienten $\hat{\theta}_1$ in der einfachen linearen Regression gilt für das Konfidenzintervall:

$$KI_{\hat{\theta}_1} = \left[\hat{\theta}_1 \pm c \cdot \sqrt{\text{Var}(\hat{\theta}_1)} \right] \quad (11)$$

Wobei c wieder dem kritischen Wert der t-Verteilung – basierend auf dem gewählten Signifikanzniveau α – mit $n - 2$ Freiheitsgraden entspricht.

4.7 P-Werte

Der P-Wert ist ein weiteres standardisiertes Maß dafür, wie gut die vorliegenden Daten mit dem Modell übereinstimmen. Er gibt das kleinste Signifikanzniveau an, zu dem die Nullhypothese gerade noch abgelehnt werden kann. Um zu bestimmen ob der Zusammenhang zwischen Zielgröße und Eingangsvariable statistisch signifikant ist, muss der P-Wert also mit dem Signifikanzniveau α verglichen werden. Wird beispielsweise $\alpha = 0.05$ gewählt, dann ist der beobachtete Zusammenhang signifikant wenn gilt: P-Wert < 0.05 . Für die Berechnung des P-Wertes wird die Verteilungsfunktion $F(x)$ benötigt, die die erhobenen Daten beschreibt.

5 Empirische Analyse

Im nachfolgenden Abschnitt möchten wir nun anhand aktueller Wirtschaftsdaten aus den USA, Deutschland sowie aus Japan untersuchen, ob der damals von Okun erforschte Zusammenhang zwischen Bruttoinlandsprodukt und Arbeitslosenquote in verschiedenen Ländern

auch heute noch als signifikant angesehen werden kann. Die für die Analyse verwendeten Datensätze wurden hierbei dem International Monetary Fund (IMF) entnommen und beinhalten sowohl die jährliche prozentuale Veränderung des realen BIP als auch die jährliche prozentuale Veränderung der Arbeitslosigkeit für den Zeitraum 1980 bis 2020. Für die Durchführung der empirischen Analyse wird die Programmiersprache **Python** verwendet, wobei die Regressionsmodelle mithilfe des **statsmodels** Pakets entwickelt werden.

5.1 USA

Der von Okun in den USA erforschte Zusammenhang zwischen dem realen Bruttoinlandsprodukt und der Veränderung der Arbeitslosenquote konnte damals durch folgendes lineares Regressionsmodell beschrieben werden:

$$\hat{y} = 3 - 2x \quad (12)$$

Wobei \hat{y} = Geschätzte prozentuale Änderung des BIP und x = Prozentuale Änderung der Arbeitslosenquote. Der Achsenabschnitt $\hat{\theta}_0$ beschreibt das durchschnittliche Wachstum (3%) des BIP bei unveränderter Arbeitslosenquote. Der Regressionskoeffizienten $\hat{\theta}_1$ beträgt -2 und beschreibt wie sich das Wachstum des BIP verändert, sollte die Arbeitslosenquote um eine Einheit zunehmen. Okun's Regressionsmodell implizierte also eine negative Korrelation zwischen BIP und Arbeitslosenquote.

Modellieren wir diese Beziehung nun anhand der uns vorliegenden aktuellen Datensätze, und mithilfe einer geeigneten Einfachregression, gelangen wir zu folgendem Computer-Output:

Regression Analysis United States – Linear Model: $y = \theta_0 + \theta_1 x$				
Parameter	Estimate	Standard Error	t-value	p-value
Intercept	$\theta_0 = 2.5832$	$se^{(\theta_0)} = 0.178$	$T^{(\theta_0)} = 14.514$	$P^{(\theta_0)} = 0$
Slope	$\theta_1 = -1.4733$	$se^{(\theta_1)} = 0.188$	$T^{(\theta_1)} = -7.845$	$P^{(\theta_1)} = 0$
$R^2 = 0.625 = r_{xy}^2$				
F-statistic = 61.55				

Tabelle 1: Computer-Output basierend auf Wirtschaftsdaten der USA

Hieraus resultiert das folgende Regressionsmodell:

$$\hat{y} = 2.5832 - 1.4733x \quad (13)$$

Mit \hat{y} = Prozentuale Änderung des BIP und x = Prozentuale Änderung der Arbeitslosenquote. Das durch unser Regressionsmodell geschätzte durchschnittliche Wachstum des BIP bei unveränderter Arbeitslosenquote wird nunmehr mit $\sim 2.6\%$ ($\hat{\theta}_0$) angegeben. Gleichzeitig sinkt auch die Veränderung des BIP bei einer Zunahme der Arbeitslosenquote mit einem Regressionskoeffizienten von $\sim -1.5\%$ ($\hat{\theta}_1$), die von Okun entdeckte negative Beziehung zwischen BIP und Arbeitslosenquote lässt sich, trotz gewisser Abweichungen also auch Heute noch beobachten.

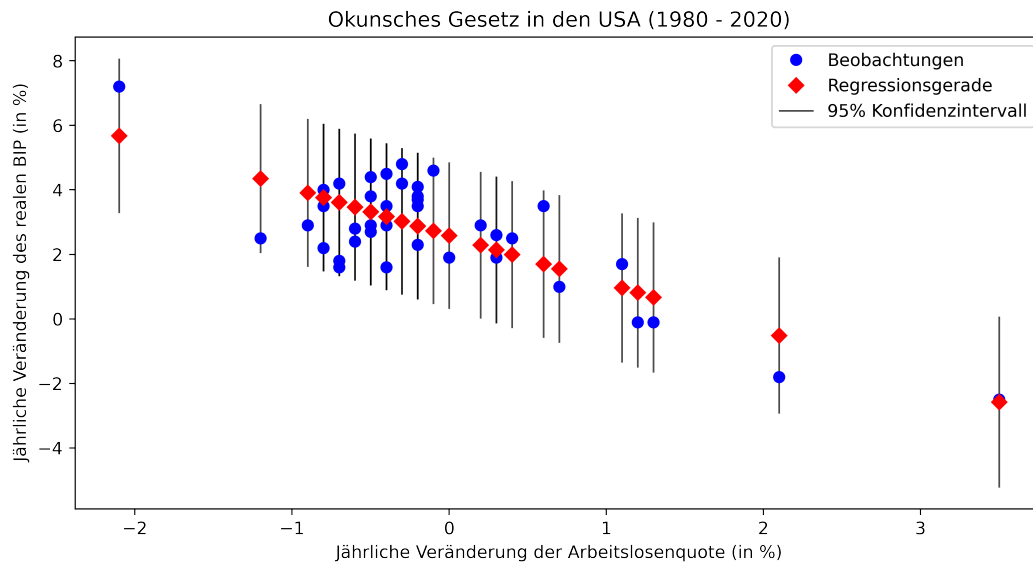


Abbildung 1: Regressionsmodell USA

Die Güte unserer Schätzung wird mit einem R^2 von 0.625 beziffert, mit dem Modell können also in etwa $\sim 63\%$ der totalen Varianz erklärt werden, was auf ein relativ brauchbares Modell hinweist. Betrachtet man die ermittelten Werte der Teststatistik ($T^{(\theta)}$) lässt sich erkennen dass unsere geschätzten Modellparameter als signifikant angenommen werden können ($c = 2.024$, bei 38 Freiheitsgraden. Signifikanzniveau = 95%). Zu selbigem Ergebnis gelangt man auch bei Betrachtung der P-Werte mit $P^{(\theta)} = 0 < 0.05$.

5.2 Deutschland

Wir möchten nun mithilfe von aktuellen Wirtschaftsdaten aus Deutschland herausfinden, ob der von Okun untersuchte Zusammenhang auch in Deutschland gelten kann. Hierzu verwenden wir wieder das Modell der linearen Einfachregression, was uns zu folgendem Computer-Output führt:

Regression Analysis Germany – Linear Model: $y = \theta_0 + \theta_1 x$				
Parameter	Estimate	Standard Error	t-value	p-value
Intercept	$\theta_0 = 1.7035$	$se^{(\theta_0)} = 0.267$	$T^{(\theta_0)} = 6.385$	$P^{(\theta_0)} = 0$
Slope	$\theta_1 = -1.3248$	$se^{(\theta_1)} = 0.337$	$T^{(\theta_1)} = -3.931$	$P^{(\theta_1)} = 0$
$R^2 = 0.295 = r_{xy}^2$				
F-statistic = 15.45				

Tabelle 2: Computer-Output basierend auf Wirtschaftsdaten aus Deutschland

In Deutschland beträgt demnach das durchschnittliche Wachstum des BIP bei unveränderter Arbeitslosenquote $\sim 1.7\%$, bei einem Wachstum der Arbeitslosenquote um eine Einheit, sinkt dem Modell zu folge das deutsche BIP um $\sim 1.3\%$.

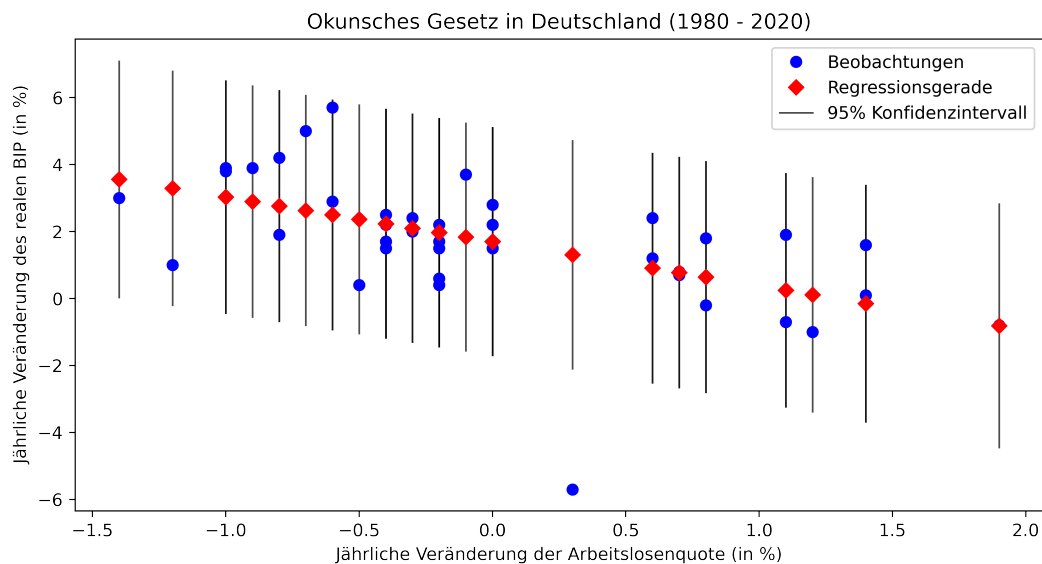


Abbildung 2: Regressionsmodell Deutschland

Auch hier lässt sich also die von Okun beobachtete, allgemein negative Beziehung zwischen BIP und Arbeitslosigkeit erkennen, wobei die geschätzten Parameter deutliche Abweichungen beinhalten. Auch die Signifikanz der ermittelten KQ-Schätzer auf Basis eines 95% Signifikanzniveaus sind nicht auf dem gleichen Level wie die Modellparameter aus den USA, jedoch kann auch hier die Nullhypothese $H_0 : \theta = 0$ getrost verworfen werden. Die Güte der Regression beträgt $R^2 = 0.295$ und impliziert eine durch das Modell erklärte Varianz von $\sim 30\%$.

5.3 Japan

Abschließend möchten wir Okun's Beobachtungen auch anhand japanischer Daten untersuchen. Hierzu wird wieder eine lineare Einfachregression verwendet, die zu folgendem Computer-Output führt:

Regression Analysis Japan – Linear Model: $y = \theta_0 + \theta_1 x$				
Parameter	Estimate	Standard Error	t-value	p-value
Intercept	$\theta_0 = 1.7592$	$se^{(\theta_0)} = 0.354$	$T^{(\theta_0)} = 5.094$	$P^{(\theta_0)} = 0$
Slope	$\theta_1 = -3.4463$	$se^{(\theta_1)} = 0.949$	$T^{(\theta_1)} = -3.632$	$P^{(\theta_1)} = 0$
$R^2 = 0.258 = r_{xy}^2$				
F-statistic = 13.19				

Tabelle 3: Computer-Output basierend auf Wirtschaftsdaten aus Japan

Der durchgeführten Regressionsanalyse zufolge beträgt das durchschnittliche Wachstum des BIP bei unveränderter Arbeitslosenquote in Japan $\sim 1.8\%$, wächst die Arbeitslosenquote um eine Einheit, sinkt das BIP um durchschnittlich $\sim 3.4\%$. Demzufolge lässt sich auch in Japan der bereits zuvor beobachtete negative Trend erkennen, jedoch reagiert das japanische BIP im Vergleich mit den vorherigen Ländern deutlich stärker auf eine Veränderung der Arbeitslosenquote. Die Signifikanz der geschätzten Modellparameter ist auch in diesem Fall wieder nicht auf dem gleichen Level wie in den USA, können jedoch bei Betrachtung der Teststatistik und der P-Werte bei einem Signifikanzniveau von 95% als signifikant angenommen werden. Mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0.258$ handelt es sich bei diesem Modell um das scheinbar schwächste im Vergleich zu den bisherigen Modellen aus den USA und Deutschland.

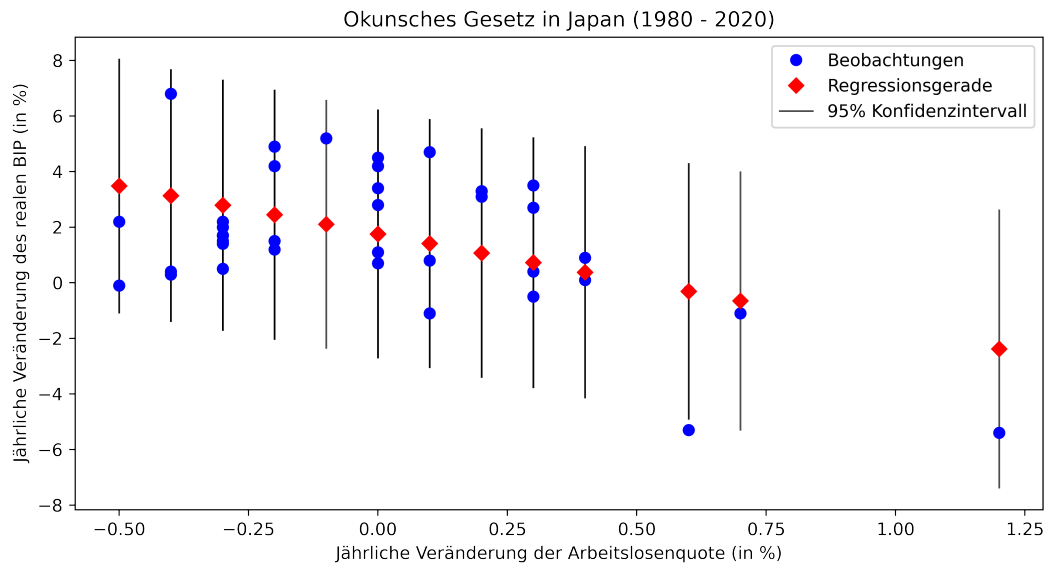


Abbildung 3: Regressionsmodell Japan

6 Fazit

Auch heute noch kann die nach Arthur Melvin Okun benannte Beziehung zwischen realem BIP und Arbeitslosenquote in den untersuchten Ländern in abweichender Form beobachtet werden. Besonders bei Betrachtung aktueller Daten aus den USA lassen sich Okun's Forschungsergebnisse bestätigen, mit einem durchschnittlichen Wachstum des BIP von damaligen 3% verglichen mit den heutigen 2.6%, und einem gemessenen Einfluss der Arbeitslosenquote von $\hat{\theta}_1 = 2$ im Vergleich mit der aktuellen Messung von $\hat{\theta}_1 = 1.4733$. Auch in Deutschland und Japan lassen sich Okun's Beobachtungen nachweisen, jedoch – gemessen an der Güte der Regressionen – in einer deutlich abgeschwächten Form. So fällt beispielsweise das Bestimmtheitsmaß aus Deutschland mit einem Wert von 0.295 im Vergleich mit den USA (0.625) deutlich zurück. Anzumerken ist, dass trotz der schwächeren Beziehung zwischen BIP und Arbeitslosenquote in Deutschland und Japan alle gemessenen Modellparameter auf Basis eines 95% Signifikanzniveaus als signifikant angesehen werden können, die Parameter des amerikanischen Regressionsmodells sind mit Teststatistiken von 14.514 und -7.845 im Vergleich am signifikantesten. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass Okun's Forschungen aus dem Jahre 1962 zumindest in den hier untersuchten Ländern auch heute noch als aktuell betrachtet werden können.

7 Quellenverzeichnis

N. Gregory Mankiw (2017): *Makroökonomik*,
Schäffer Poeschel Verlag, 7. Auflage.

Mankiw, N. Gregory und Mark P. Taylor (2018): *Grundzüge der Volkswirtschaftslehre*,
Schäffer Poeschel Verlag, 7. Auflage.

Werner Stahel (2013): *Lineare Regression*,
Seminar für Statistik, ETH Zürich.

G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani (2017): *Introduction to Statistical Learning*,
Springer Verlag, 8. Auflage.

Robert M. Kunst (2009): *Einführung in die empirische Wirtschaftsforschung*,
Institute for Advanced Studies, Universität Wien.

Marianne Müller (2006): *Angewandte statistische Regression*,
Züricher Hochschule Winterthur.

Prof. Dr. Rolf Tschernig (2015): *Methoden der Ökonometrie*,
Universität Regensburg.

C. Hanck, M. Arnold, A. Gerber, M. Schmelzer (2019): *Introduction to Econometrics*,
Chair of Econometrics, University of Duisburg-Essen.

Ludwig von Auer, (2016): *Ökonometrie: Eine Einführung*,
Springer Verlag, 7. Auflage.

8 Anhang

8.1 USA

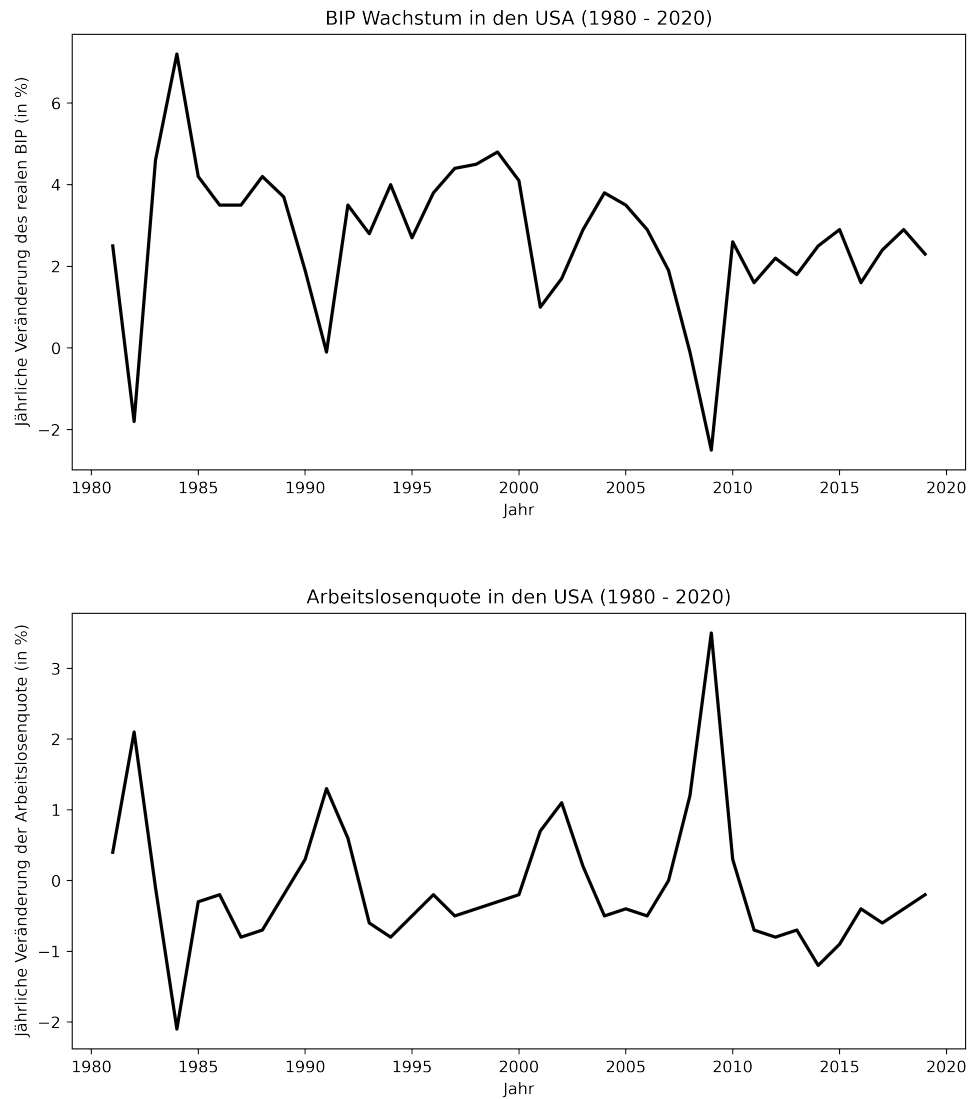


Abbildung 4: BIP Wachstum und Veränderung der Arbeitslosenquote in den USA

8.2 Deutschland

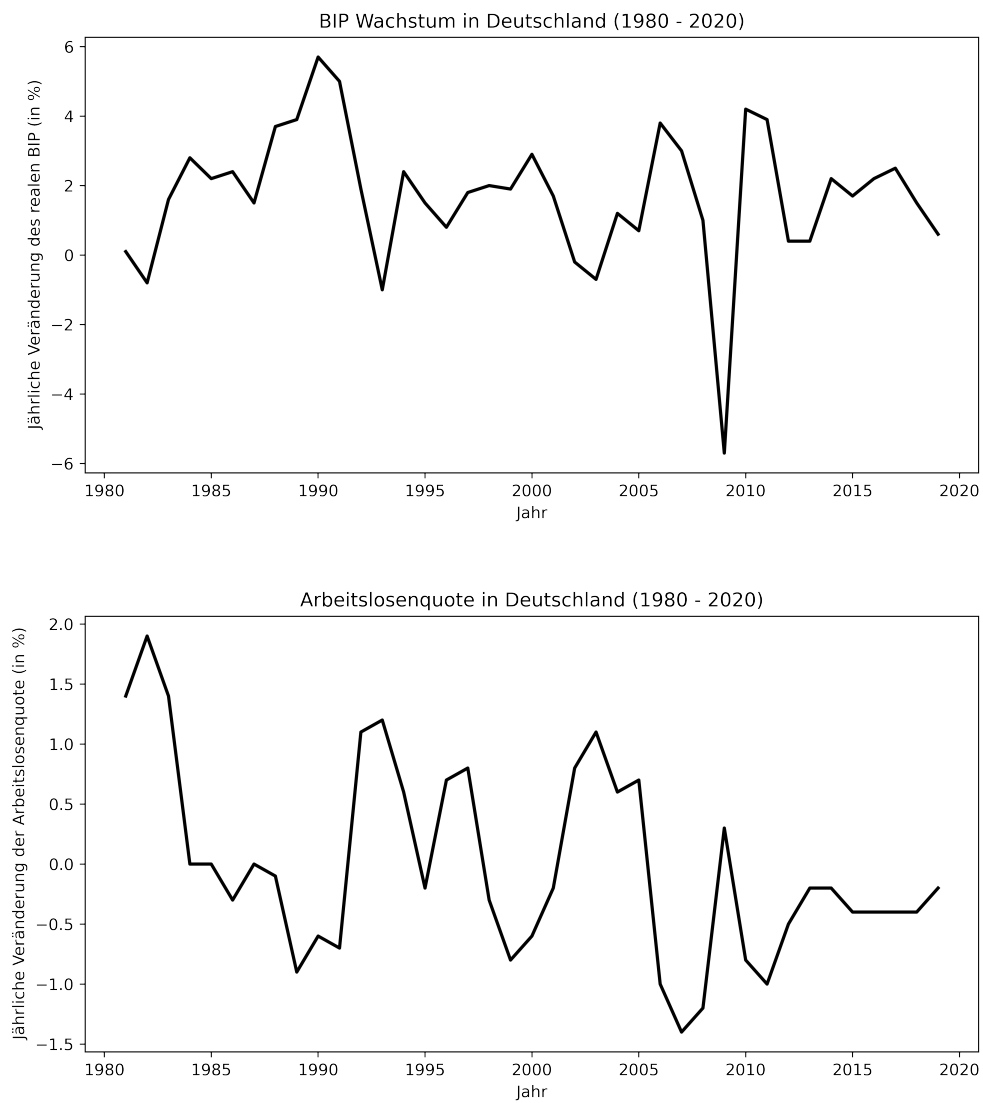


Abbildung 5: BIP Wachstum und Veränderung der Arbeitslosenquote in Deutschland

8.3 Japan

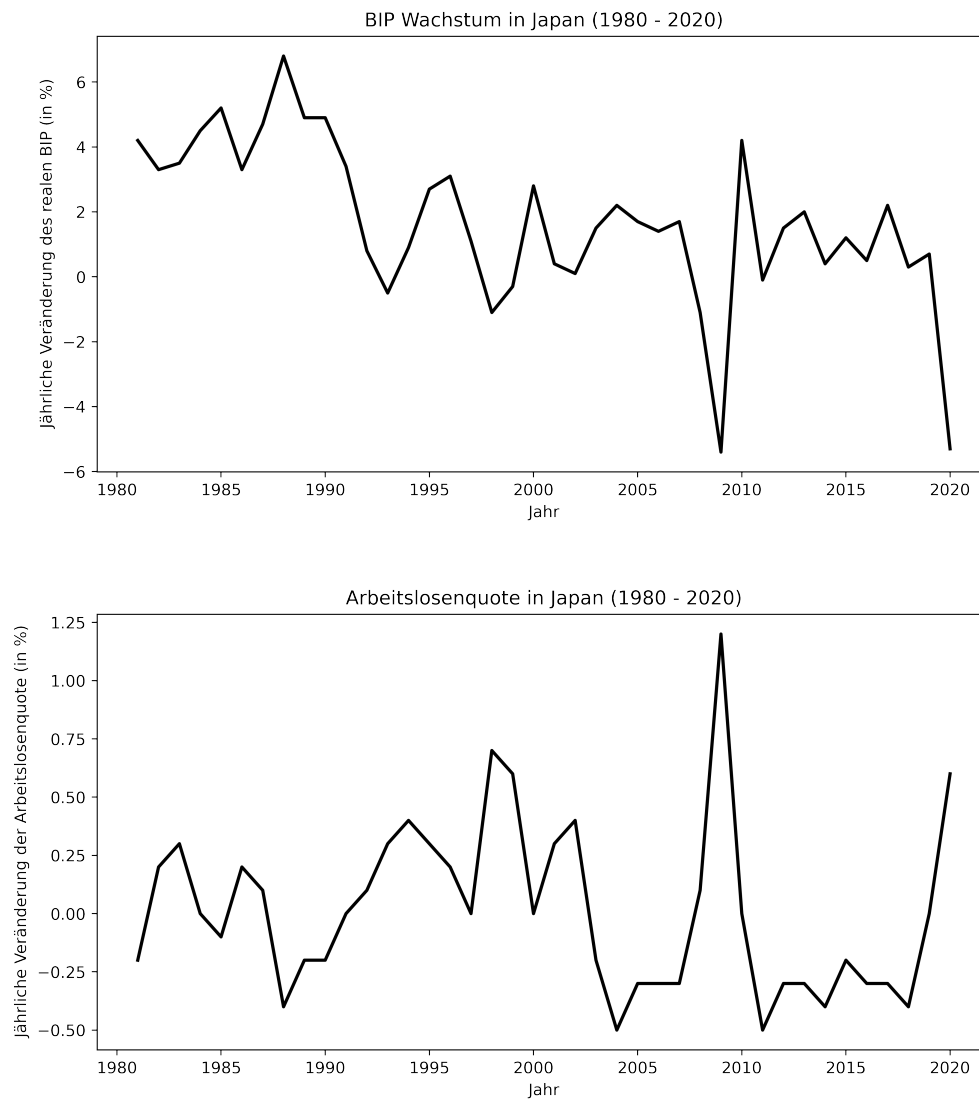


Abbildung 6: BIP Wachstum und Veränderung der Arbeitslosenquote in Japan