

Münchener Idee

Eine ganzheitliche Bewertungsmethode zur Erhöhung der Akzeptanz und Transparenz energiepolitischer Entscheidungsprozesse

G. Schober, M. Hutter, C. Bayer, S. Handwerker, T. Kiechle, L. Yan

Kurzfassung: Die *Münchener Idee* stellt eine ganzheitliche Bewertungsmethode dar, welche die Akzeptanz von notwendigen Einrichtungen zur nachhaltigen Energieversorgung erhöhen kann. Dabei wird unter der Berücksichtigung von Kriterien wie etwa der CO₂-Reduktion, dem Flächenverbrauch, Regelleistung und Netzdienstleistungen sowie der speicherbaren Energiemenge, ein Bewertungsfaktor ermittelt, der einen Lastenausgleich von Betroffenen und Nutzern schaffen soll.

1 Problemstellung

Die Energiewende in Deutschland mit dem Ausstieg aus der Kernenergie und dem geplanten Umstieg auf 80% Stromerzeugung aus regenerativen Energieformen bis zum Jahr 2050 erfordert einen kompletten Umbau des Stromnetzes, aber auch des Strommarktes. Eine Vermeidung der globalen Erwärmung durch die signifikante Reduktion von Treibhausgasemissionen kann nur gelingen, wenn die Energieversorgung in allen Bestandteilen auf regenerative Energieformen ausgerichtet wird. Einen Überblick über den Status quo der Industrienationen verschafft die Analyse der CO₂-Emissionen im Verhältnis zur Wirtschaftsleistung, Abbildung 1.

Auf der einen Seite gibt es, unterstützt durch staatliche Subventionen, einen erheblichen Zuwachs von Photovoltaik und Windenergie und auf der anderen Seite kann dieser Strom nicht ausreichend transportiert und gespeichert werden. Zu Zeiten geringer Sonneneinstrahlung und kaum Wind, muss auf konventionelle Kraftwerke zurückgegriffen werden. Aufgrund ihrer relativ geringen Stromgestehungskosten steigt dabei der Anteil von Kohlekraftwerken und damit der CO₂- Ausstoß in Deutschland.

Trotz des gesellschaftlichen Konsenses über den Ausbau Erneuerbarer Energien, bilden sich bürgerliche Protestbewegungen, wenn Neubauten für Kraftwerke oder Stromtrassen geplant werden. Vielfach ist dieser Protest geprägt vom Misstrauen gegenüber Großkonzernen, Intransparenz von staatlichen Entscheidungsprozessen und der Angst als „Verlierer der Energiewende“ dazustehen.

Des Weiteren birgt der durch Subventionierung verursachte hohe Strompreis für den Endverbraucher, gepaart mit der Befreiung von energieintensiven Unternehmen von derlei Abgaben, sozialen und politischen Sprengstoff. Wird der Umstieg auf regenerative Energien zwar langfristig den Wirtschaftsstandort Deutschland stärken, so kann er aber kurz- bis mittelfristig dessen globale Wettbewerbsfähigkeit gefährden.

Bisher hat sich gezeigt, dass die Energiewende gerade dort funktioniert, wo der einzelne Bürger direkt an der Energiewende beteiligt ist (monetär, visuell sowie haptisch) und persönlich davon profitieren kann, siehe beispielsweise Bürgergenossenschaften bei Windparks, eigene PV-Anlage auf dem Dach u.v.m..

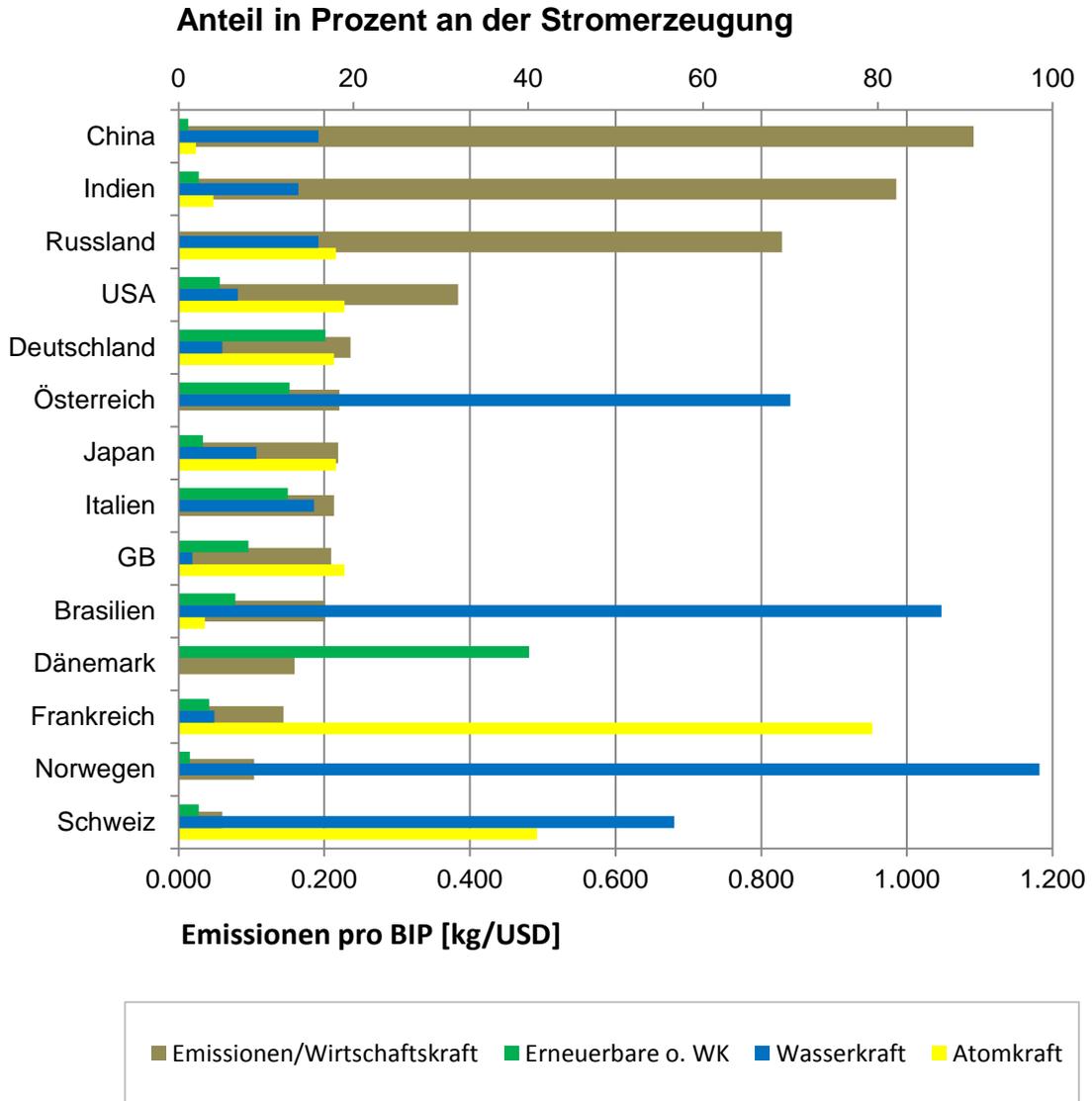


Abbildung 1: Kohlendioxid-Emissionen im Verhältnis zur Wirtschaftsleistung und einem Vergleich der Anteile der Stromerzeugungsformen, Quellen: factfish.com und Wikipedia.

2 Energiespeicherung der Zukunft

Vor dem Hintergrund der in Abschnitt 1 genannten Problemstellung und einer notwendigen Versorgungssicherheit für ein hoch technisiertes Land wie Deutschland wurde von der Österreichischen- und Bayerischen Staatsregierung in Kooperation mit der Technischen Universität München im November 2014 eine „Ideenwerkstatt zur Energiezukunft“ veranstaltet. In interdisziplinären Teams aus Studierenden und Doktoranden sollten in verschiedenen Gruppen Lösungsansätze zum jeweiligen Arbeitsgebiet gesucht werden. Die Autoren waren Teilnehmer der Gruppe „Energiespeicherung der Zukunft“. Die Teilnehmer hatten dabei Gelegenheit sich mit Experten aus Industrie und Wissenschaft auszutauschen.



Abbildung 2: Workshop bei der Ideenwerkstatt

Für die Stromspeicher konnten spezifische Vor- und Nachteile identifiziert werden:

ECS – Elektro-chemische Speicher (z.B. Batterien)

➔ Aufgrund ihrer guten Leistungsdichte sollte deren Priorität auf mobilen Speichern liegen z.B. E-Mobility.

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| + hohe Speicherwirkungsgrade | – begrenzte Zyklenzahl |
| + Skalierbarkeit | – Lebenszykluskosten |
| + dezentral | – Teilw. begrenzte Ressourcen |
| | – Lastgradienten |

PTG – Power to Gas – Gas to Power (z.B. H₂-Methanisierung)

➔ Langzeitspeicher, Puffer für sehr große Energiemengen, Anwendbarkeit für thermische und elektrische Energie.

- | | |
|-----------------------------------|---|
| + Langzeitspeicher | – sehr schlechter Speicherwirkungsgrad |
| + dezentral | – <u>kontant</u> Power to... |
| + großes Verteilnetz | – Forschungsbedarf in kompletter Prozesskette |
| + Speichermedium vielfach nutzbar | – viele Prozessschritte |
| | -> kostenintensiv |

DLS – Druckluftspeicher

- ➔ evtl. sehr interessant für Industriebetriebe mit Druckluft- & Wärmebedarf, sogenannte „Pneumatisch-Diabate-KWK“.
- + Skalierbarkeit
- + Bei KWK guter Wirkungsgrad
- + Lastgradient
- schlechter Speicherwirkungsgrad
- Investition und Wartungskosten für Kleinanlagen rel. kostenintensiv
- Entwicklungs- und Forschungsbedarf

PtH – Power to Heat (z.B Heizstab)

- ➔ Verwandelt die „edelste Form“ der (elektrischen) Energie in die „unedelste“, in Form von Wärme, von Kritikern als „Dissipatoren“, nicht als Speichersysteme angesehen. Sollte „Ultima-Ratio der Netzbetreiber darstellen. Allgemein sind schon genügend Wärmequellen vorhanden die nicht genutzt werden.

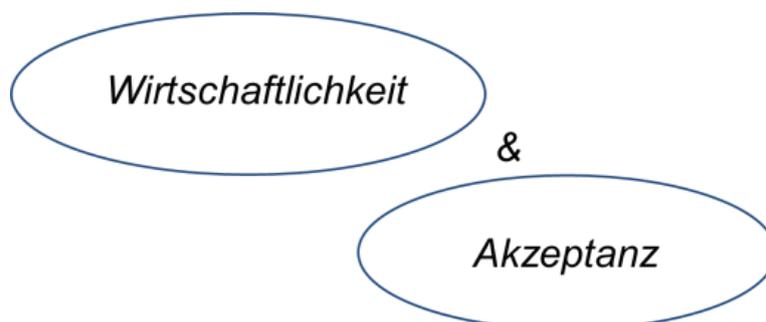
PSW – Pumpspeicher oder generell Hydro-Speicher

- ➔ Seit 90 Jahren erprobte und stetig weiterentwickelte Technik mit hohen Leistungsgradienten und wichtigen Systemdienstleistungen, langfristig kostengünstigster Speicher, siehe *Studie: RWTH Aachen/Voith* [1].
- + hoher Speicherwirkungsgrad bis ca. 85%
- + Systemdienstleistungen
- + Drehende Reserve
- + theor. unbegrenzte Zyklenzahl
- + sehr hohe Leistungsgradienten neg.& pos.
- + kostengünstigste Speichervariante
- Installation in Bergregionen
- großer Höhenunterschied erforderlich
- hohe Grundinvestition nötig

Als Schlussfolgerung ergibt sich, dass ein Dualismus der Speichertechniken nicht sinnvoll ist, und sich die betrachteten Techniken sogar sehr gut ergänzen können, siehe *Gwalik* [2]:

- Jede Technik an den Standorten mit den für sie besten Voraussetzungen für die jeweils optimale Anwendung
- Wärmesenken im Winter müssen primär durch Wärmeenergie aus Wärmequellen gestillt werden, und nicht aus elektrischer Energie.
- Eine möglichst große Vernetzung und ein effizientes Strom-Verteilssystem kann den Speicherbedarf reduzieren.

Daraus ergeben sich die primären Handlungsfelder für Speicher- und Verteilsysteme elektrischer Energie:



Die Zielsetzung kann dabei wie folgt zusammengefasst werden:

- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, bzw. Finanzierung von Stillstandszeiten
 - Förderung der Akzeptanz von weniger plakativen Energieerzeugungsanlagen, Speichertechnologien und Verteilsystemen
- 
- Quantifizierbarer Vergleich von Energiesystemen
 - Monetäre Bürgerbeteiligung an Verteil- und Speichersystemen
 - Lastenausgleich zwischen Betroffenen und Profiteuren

Ein Werkzeug zur Lösung dieser Problematik könnte eine **ganzheitliche Bewertungsmethode** zum quantifizierbaren Vergleich von Energiesystemen darstellen.

3 Ganzheitliche Bewertungsmatrix und Förderung nach dem RES-Faktor

Der Kern der Bewertungsmethode stellt eine Matrix dar, welche die jeweilige Technologie nach bestimmten Kriterien beurteilt. Prinzipiell kann jede für die Erzeugung, Speicherung, und Verteilung von Energie geeignete Technologie herangezogen und bewertet werden. Die Bewertungskriterien entsprechen dabei technischen, ökologischen, sowie gesellschaftlichen Aspekten. Es kann sich dabei um eine physikalische Größe, um eine relative Punktzahl auf einer Skala handeln oder um sogenannte Pflicht- oder K-O Kriterien handeln.

Bewertungs- methode: Technologie	CO2- Reduktion kg/kW	Volatilität +/- je kW	Regelleistung MW/s	Rückbau- barkeit (Skala)	Ökologie (Skala)	Flächen- verbrauch m ² /kW	Infrastruktur (Skala)	...
PV								
WEA								
HGÜ								
GUD								
PSW								
...	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Wert 4	Wert 5	Wert 6	Wert 7	...
Gewichtung	k1	k1	k1	k1	k1	k1	k1	
RES- Faktor:	$= \sum_{i=1}^n Wert_n \cdot k_i$							

Abbildung 3: Exemplarische Darstellung einer Bewertungsmatrix mit RES-Faktor

Der sich ergebende Wert wird anschließend mit einem Gewichtungsfaktor je Bewertungskriterium verrechnet.

Dieser Gewichtungsfaktor (K-Faktor) kann von der Politik oder entsprechend autorisierten Entscheidungsträgern immer aktuell festgelegt werden. Mit Hilfe der Gewichtungsfaktoren lassen sich Fehl- bzw. Überentwicklungen in einem Bereich beheben bzw. es kann aktiv gegengesteuert werden. Allerdings wird bei der Bewertung und Genehmigung eines Projektes dieser Wert zu diesem Zeitpunkt für den entsprechenden Projektzeitraum festgelegt.

Aus der Summe der gewichteten Bewertungskriterien ermittelt sich der sogenannte

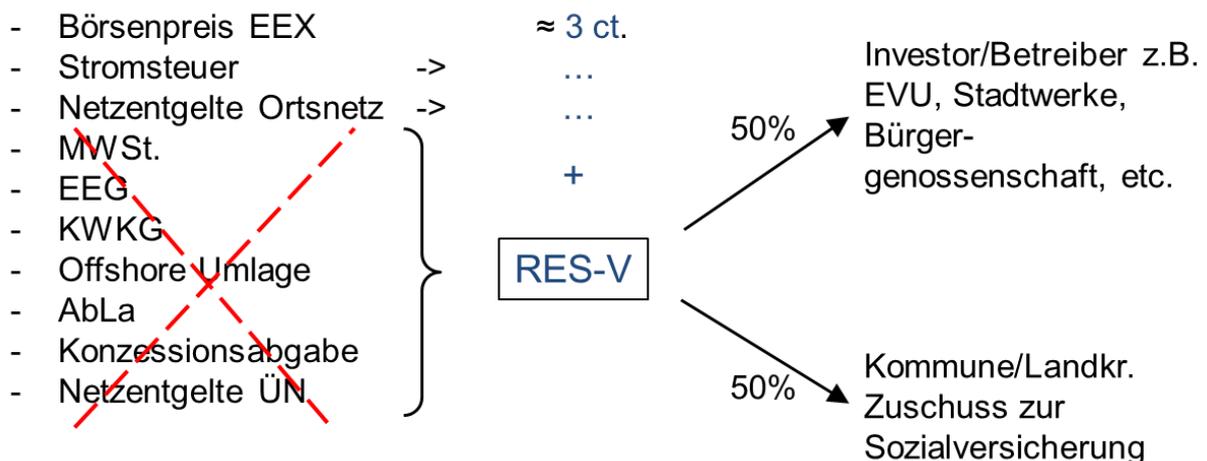
➤ **RES-Faktor** (Regenerative-Energie-System-Faktor)

Aus dem RES-F leiten sich die RES-Punkte und eine RES-Vergütung ab, welche fortan entsprechende Auswirkung haben:

- die Vergütung und Subvention für Erneuerbare Energien mit den benötigten Speicher- und Verteilsystemen
- **RES-Punkte** dienen als Indikator für die Raumordnungsplanung, bzw. genehmigungsrechtliche Auswirkungen (*Welche Region ist Vorreiter mit EE, welche Region hat noch Ausbaupotential? etc...*)
- **RES-Vergütung**, wird paritätisch als Art Marktanzreiz an den Investor der Anlage und der Kommune als Zuschuss zur Sozialversicherung ihrer Bürger gezahlt (siehe Schweiz)-> Standortvorteil von Betrieben in dieser Kommune

Strompreis aktuell:

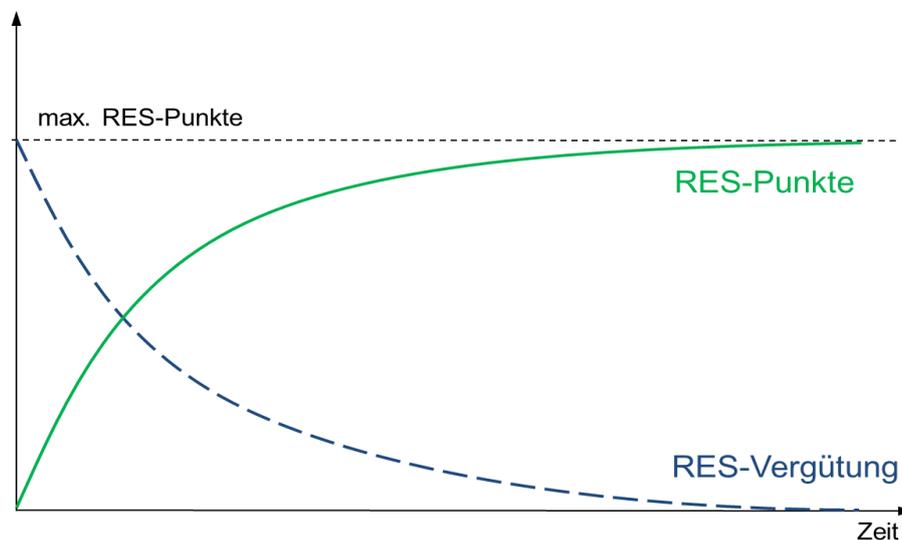
„neuer“ Strompreis :



Die Bürger und Arbeitgeber einer Kommune treiben in gleicher Weise die „Energiewende“ voran. Durch die ganzheitliche Betrachtung wird ein einseitiger Ausbau (wie z.T. bei Wind und PV) vermieden.

Damit die RES-Bewertung zum Erfolg führt und auch bei Umweltverbänden Akzeptanz findet, bedarf es einiger Restriktionen:

- Die Zielgröße des Strombedarfes wird eingefroren. Nach VDI- und Prognos-Studie realistisch, da Strombedarf bei moderatem Wachstum bis 2050 leicht abnimmt, siehe [3].
- Die max. RES-Punkte werden über eine *theoretisch ideale Stromversorgung 2050* oder 20xx aus einer Modellrechnung ermittelt.
- RES-Punkte sind endlich.
- Ende von Kohle- und Kernenergie und fossiler Energieträger muss fixiert werden, ->neg.-RES-F, folglich muss RES-V vom Betreiber gezahlt werden
- bestehende EE-Anlagen können entscheiden ob sie EEG beibehalten wollen oder nach RES-Kriterien beurteilt werden wollen, wodurch sie eine verlängerte Vergütung erhalten können.
- Energieintensive Unternehmen können an RES-Bewertung teilnehmen, und dabei ggf. durch viel neg. Regelleistung sogar eine RES-Vergütung erhalten, aber keinen pauschalen Rabatt auf den Strompreis.



4 Zusammenfassung

Für die *Münchener Idee*, einer ganzheitlichen Bewertungsmethode für Energiesysteme kann festgehalten werden:

- Entwicklungsprozess des RES-F erfordert gesamtgesellschaftlichen und wissenschaftlichen Diskurs
- Entwicklung und Abstimmung kann 2-5 Jahre dauern
- Komplexität der RES-Matrix wird mit der Rentenformel vergleichbar sein
- Regierung übernimmt nicht nur Steuerungs- sondern auch Regelfunktion
- Lasten- und Chancenausgleich zwischen Nutzern und Belasteten der Energiewende
- Auswirkungen der Energiewende werden transparenter und quantifizierbarer
- Projektplanungen werden „entpolitisiert“.

Es bleibt zu prüfen, wie sich die hier beschriebene Bewertungsmethode mit dem ab 2017 geplanten Ausschreibungsmechanismus vereinbaren lässt. Die RES-Bewertung könnte entsprechend §88 Abs. 1 Nr.4 EEG 2014 als erweitertes Zuschlagskriterium im Rahmen der Ausschreibungen definiert werden.

Referenzen

- [1] A. Moser, N. Rotering und A. Schäfer, „Unterstützung der Energiewende in Deutschland durch einen Pumpspeicherausbau,“ RWTH Aachen, Aachen, 2014.
- [2] W. Gwalik und C. Groß, „Short and Long term Storage Requirements to maximize Renewable Generation,“ in *18th International Seminar on Hydropower Plants*, Vienna, Austria, 2014.
- [3] K. Riedle, D. Martinsen, J. Hake und E. Hencke, „Energieszenarien für das Jahr 2050 im Vergleich,“ *BWK Bd. 63*, p. 50, 2011.

Autoren

Dipl.-Ing. Georg SCHOBER,

G. Schober was born 1985 in Garmisch-Partenkirchen, Germany. In 2011 he graduated in mechanical engineering at the Technische Universität München (TUM). Since then he has been working as a research assistant with the Institute of Fluid Mechanics, TUM. He is currently working on his PhD thesis on pumped storage plants. Volunteering he is engaged in the Department of Natural and Environmental Protection of the Bavarian Mountain Rescue.

Dipl.-Ing. Michael HUTTER,

M. Hutter was born 1986 in Garmisch-Partenkirchen, Germany. In 2011 he graduated in mechanical engineering at the Technische Universität München (TUM). He has been working as a research assistant with the Institute of Fluid Mechanics, TUM. He is currently working on his PhD thesis on the analysis of guide vane – runner – draft tube interaction of axial turbines.

B.Sc. Caspar BAYER,

C. Bayer was born 1991 in Berlin, Germany. He is studying mechanical engineering at the Technische Universität München (TUM) and economics at Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU). His focus is on renewable energy systems and energy economics.

B.Sc. Stefan HANDWERKER,

S. Handwerker was born 1987 in Schweinfurt, Germany. In 2011 he received his Bachelor Degree in Mathematics at the Technical University of Munich (TUM). Currently he is finishing his MSc in Mathematics in Science and Engineering also at TUM (Minor: Environmental engineering). His main fields of interest are (discrete) differential geometry, numerics, visualization. He is a working student for planning of wind parks at Energie Planung & Management GmbH.

Teresa KIECHLE,

T. Kiechle was born 1993 in Kempten (Allgäu), Germany. In 2012 she began her studies of mechanical engineering at the Technische Universität München (TUM). Currently following her bachelor's degree, she turns her attention to sustainable future solutions centering the human being and its environment. To increase the acceptance for new technologies by transparent elucidation as well as to protect privacy and security are thereby her special concerns.

B.Eng. Luokai YAN,

L. Yan was born in 1989 in Shangyu Zhejiang Province, China. In 2012 he graduated in building engineering at the Tongji university. Since September 2012 he has been studying energy-efficient and sustainable building (M. Sc.) at the Technische Universität München (TUM). Since 2013 he started the energy and process engineering master's course at TUM as his secondary field of study.