



Aus- und Weiterbildung
Lehrbrief für Dozenten und Teilnehmer
"Klima-, Umwelt-, Naturschutz und erneuerbare Energien
- Professionell"

Modul M5 - 07
Geothermische Energie,
Fernwärme und -kühlung

Januar 2018

europäisches Forschungs- und Autorenteam:

Dr. Barbara Tomaszewska
Aleksandra Kasztelewicz
Prof. Dr. Michael Hartmann
Ing. Ök. Jürgen Weinreich

(PAS MEERI Krakau - Polen -)
(PAS MEERI Krakau - Polen -)
(SRH Hochschule Berlin - Deutschland -)
(SRH Hochschule Berlin - Deutschland -)



Übersicht

P

Übersicht	2
Curriculum des Modulteils Geothermie und Fernwärme M3 - 27	3 - 6
Vortrag 1: Einführung in die Geothermie	7 - 8
Vortrag 2: Einführung in die Stromerzeugung, Fernwärme und -kühlung	8
Vortrag 3: Erfolgsmethode und Umweltauswirkungen der geothermischen Nutzung im Energiesystem	9
Bildungsergebnisse	10
Leitfaden für Studienbericht und Vorlage	10
Referenzliste	11 - 12

Lehrplan

Modul-Nr./Code	M3 - 27
Modulbezeichnung	Einführung in die Bereiche Geothermie, Fernwärme und -kühlung
Einheiten des Moduls (falls zutreffend)	1: Einführung in die Geothermie 2: Einführung in die Strom- und Fernwärmeerzeugung mit geothermischen Quellen 3: Erfolgsmethode und Umweltauswirkungen der geothermischen Nutzung im Energiesystem
Modulinhalt	<p>Dieses Modul und die Vorträge führen die Teilnehmer in die Grundlagen und Potenziale geothermischer Ressourcen und Systeme in die Energiebereiche und -systeme ein. Durch den Aufbau eines allgemeinen Verständnisses der Ressourcennutzung und des Technologieansatzes sind die Teilnehmer in der Lage, die wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen der Nutzung geothermischer Ressourcen in Projekten mit Fernwärme und -kühlung (kleiner, mittlerer und großer Umfang) und das Potenzial für die Stromerzeugung zu verstehen.</p> <p>Spezifische Themen:</p> <p>1: Einführung in die Geothermie</p> <ul style="list-style-type: none">● Geologie und Erdwärme● Grundlagen der Erdwärmesysteme● Energiespeicher und Energienetz● Investitionen, Betriebskosten, Kosten der laufenden Produktion, Effizienz● Fallstudien und Referenzanlagen● Nationale und internationale Nutzungspotenziale <p>2: Einführung in die elektrische Stromerzeugung, Fernwärme und -kühlung mit geothermischen Quellen Herausforderungen für die Stromerzeugung aus geothermischen Quellen Konzept und Komponenten von Fernwärme- und Kälteanlagen Kalkulation von Energiepreisen und Kosteneffizienz Fallstudien und Referenzanlagen Lokale und regionale Nutzungspotenziale</p> <p>3: Erfolgsmethode und Umweltauswirkungen der geothermischen Nutzung im Energiesystem</p> <ul style="list-style-type: none">● Erfolgsmethode in den Erfahrungen auf der ganzen Welt mit der geothermischen Wasser- und Energienutzung● Ökologische und lebenszyklusbezogene Analysen● Umweltauswirkungen der geothermischen Exploration● Umweltauswirkungen der geothermischen Energienutzung● Umweltauswirkungen von Fernwärme- und -Kälteprojekten● Umweltauswirkungen der geothermischen Wassernutzung

Qualifizierungsziele	<p>Lernziel ist es, die Teilnehmer darin zu schulen, aktuelle technische Konzepte der geothermischen Nutzung der Energiekonzepte und -lösungen zu verstehen und umzusetzen. Sie sind in der Lage, Kommerzialisierung bei Einhaltung rechtlicher, sozialer und ökologischer Herausforderungen unter dem Aspekt der lokalen und regionalen Nutzung zu erreichen. Die Vorträge sollen ein Verständnis aufbauen von:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlegenden Konzepten der Erkundung und Nutzung von • geothermischen Ressourcen, der Charakteristik von geothermischen Speichern und der Erzeugung von Wärme und Strom; • Integrierten Managementtechniken zur Durchführung eines Geothermieprojekts; • Aktuelles und zukünftiges Potenzial der Geothermie im globalen und regionalen Energiequellenportfolio. • Stromerzeugung, Fernwärme- und Kältekonzepte, Projekte und Erfolgsmethoden • Umweltaspekte der geothermischen Wasser- und Energienutzung.
Planungszeitraum	5 Monate
Dauer des Moduls	4 Tage
Modulfrequenz	Auf Anforderung
Anzahl der zugewiesenen ECTS-Credits	1
Gesamter Arbeitsumfang und -typ (Einzelunterricht + Sprechstunden)	32 Stunden (Sprechstunden 16 h = 50%)
Art der Vorlesung (Pflicht-, Wahlpflichtfach, etc.)	Obligatorisch
Verwendbarkeit des Moduls für andere Studiengänge	keine
Voraussetzungen für die Einschreibung	Vorlesung in M1 und M3 - 21 Einführung in die Energieverteilung und M3 - 23 Einführung in die solarthermische Energie und Speicherung muss abgeschlossen und bestanden sein
Zuständiger Koordinator	Programmdirektor
Name des Dozenten	N.N.
Unterrichtssprache	Englisch/Deutsch/Ungarisch/Polnisch/Rumänisch
Prüfungskategorie / Anforderungen für die Kreditvergabe	Teilnahme- und Studienbericht
Beitrag zur Endnote	2,1%
Lehr- und Lernmethoden des Moduls	<ul style="list-style-type: none"> • Praxisorientierter Beitrag der Dozenten • Aktive Beteiligung der Teilnehmer durch Diskussion und Beiträge

	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung von Übungen und Erstellung eines Studienberichts
Besonderheiten (z.B. Anteil des Fernstudiums, Exkursionen, Gastvorträge, etc.)	Exkursion zu einem geothermischen Kraftwerk und/oder Fernwärmesystem und/oder Balneothermiezentrum mit geothermischer Wassernutzung in der Region
Literaturhinweise (Pflichtlektüre/Zusatzliteratur)	<p>Relevante Artikel und Fälle werden vom Dozenten während der Vorlesungen ausgehändigt.</p> <p>Empfohlene Literatur:</p> <p>Mary H. Dickson und Mario Fanelli; Geothermie: Nutzung und Technologie; UNESCO-Verlag von John Wiley & Sons; 1995</p> <p>William E. Glassley; Geothermie: Erneuerbare Energien und Umwelt, Zweite Ausgabe; 2014, CRC Press; ISBN-13: 9781482221749</p> <p>Ingrid Stober, Kurt Bucher; Geothermie: Von theoretischen Modellen bis hin zu Exploration und Entwicklung; 2013; Springer Verlag</p> <p>Colin Harvey, Graeme Beardsmore, Inga Moeck und Horst Rüter; Geothermische Exploration - Globale Strategien und Anwendungen; 2016; IGA Academy Books; ISBN: 978-3-9818045-0-8</p> <p>Billy C. Langley; Wärmepumpentechnik Dritte Ausgabe; 2001, Pearson; ISBN: 978-0130339652</p> <p>Keith E. Herold; Absorptionskältemaschinen und Wärmepumpen; 2016, Productivity Press; ISBN: 9781498714341</p> <p>Jay Egg; Geothermische HVAC: Grünes Heizen und Kühlen; 2010, McGraw-Hill Education ISBN: 9780071746106</p> <p>Marc A. Rosen, Seama Koohi-Fayegh; Geothermie: Nachhaltiges Heizen und Kühlen mit dem Boden; 2017; John Wiley & Sons Inc.; ISBN: 9781119180982</p> <p>Sven Werner; Internationaler Überblick von Fernwärme und -kühlung; Science direct https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X</p> <p>Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Markus Blesl; Sven Svendsen, Hongwei Li, Natasa Nord, Kari Sipilä; Niedertemperatur-Fernwärme für zukünftige Energiesysteme; https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322592</p> <p>Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Janybek Orozaliev, Isabelle Best, Klaus Vajen, Oliver Reul, Jochen Bennewitz, Petra Gerhold; Entwicklung eines</p>

innovativen Niedertemperatur-
Wärmeversorgungskonzeptes für ein neues
Wohngebiet;
Energy Procedia, Band 116, 2017, S. 39-47

Fernwärme in Städten: Erschließung des Potenzials
von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien;
www.unep.org/energy/des

Bundschuh J. (Hrsg.), Tomaszewska B (Hrsg.);
Geothermische Wasserwirtschaft; 2018; CRC Press
Taylor&Francis Group
[https://www.crcpress.com/Geothermal-Water-
Management/Bundschuh-
Tomaszewska/p/book/9781138749009](https://www.crcpress.com/Geothermal-Water-Management/Bundschuh-Tomaszewska/p/book/9781138749009)

Vortrag 1: Einführung in die Geothermie

Ziel der Vorlesung ist es, grundlegende Informationen im Bereich der Geothermie zu vermitteln, wobei der Schwerpunkt auf der Zirkulation von geothermischem Wasser in der Natur und der Art der Nutzung von Energie und geothermischem Wasser liegt. Es werden Kenntnisse über die ausgewählten Methoden zur Identifizierung, Verteilung und Nutzung geothermischer Ressourcen vermittelt.

1. Geologie und Erdwärme

Grundlegende Prinzipien der Geologie und Hydrologie, Wärmeflussmechanismen.

2. Grundlagen der Erdwärmesysteme

Grundlegende Definitionen zur Geothermie. Grundlegende geologische Beschreibung der günstigen Bedingungen für Vorkommen verschiedener Arten geothermischer Lagerstätten. Grundlegende Konzepte im Zusammenhang mit der Geothermie (ein thermischer Gradient der Erde und der geothermische Grad, geothermisches Wasser und Dampfagerstätten). Geothermische Hochtemperatur- und Niedertemperaturquellen und Bedingungen ihres Auftretens. Wärmequellen in der Erdkruste und die für den Wärmefluss verantwortlichen Prozesse.

Grundlegende Methoden der geothermischen Energienutzung - direkte Nutzung, geothermische Wärmepumpen (GHP), erdgekoppelte Wärmepumpen (GSHP oder GCH) und binäre Fluidgeneratoren für die elektrische Nutzung und Stromerzeugung.

Verfahren zur Erschließung geothermischer Lagerstätten.

Die Technologien zur Durchführung von geothermischen Brunnen (vertikal, direktional, horizontal).

Verfahren zur Wassergewinnung für die geothermische Nutzung.

Die Entsorgung von geothermischen Flüssigkeiten.

Allgemeine Merkmale von Geothermieanlagen weltweit und an den ausgewählten Standorten (Polen, Deutschland, Ungarn, Rumänien).

3. Energiespeicher und Energienetz

Methoden zur Bewertung von geothermischen Ressourcen und Reserven.

Beispiele für die Klassifizierung von Arten geothermischer Ressourcen.

Methodik der Bewertung - Faktoren, die sich auf Grundwasserleiter und geothermische Ressourcen auswirken.

Überblick von computergestützten Modellierungstechniken, die für die Nutzung und Bewertung geothermischer Ressourcen nützlich sind.

4. Investitionen, Betriebskosten, Kosten der laufenden Produktion, Effizienz

Geologische und wirtschaftliche Aspekte der Gewinnung mittels Tieflochbohrungen (Bohrkosten, Leistung, Temperatur, Mineralisierung, chemische Zusammensetzung des Wassers, etc.).

Wirtschaftlichkeit des Baus von geothermischen Anlagen.

Verordnungen, finanzielle Anreize für die Entwicklung der Geothermie,

Geothermische Risiko- und Risikogarantiefonds - Herausforderungen und Chancen.

5. Nationale und internationale Nutzungspotenziale

Nutzung von geothermischem Wasser in der Balneotherapie und Erholung.

Grundlegende Konzepte der Balneotherapie.

Faktoren, die die Nutzung der Gewässer für medizinische und Freizeitwecke ermöglichen (z.B. Temperatur, Mineralisierung, chemische Zusammensetzung).

Erholungs- und Balneotherapiezentren in Polen / Ungarn / Deutschland / Rumänien, im übrigen Europa und in der Welt.

6. Fallstudien und Referenzanlagen

Geothermisches Wasser und Energie in Polen oder Ungarn, Deutschland oder Rumänien als Herkunftsort der Teilnehmer - Beispiele

Fallstudien aus Polen: Podhale Region, Polnisches Tiefland (Mszczonów, Pyrzyce, Poddębice, Uniejów)

Fallstudien aus Deutschland (Neustadt-Glewe, : Waren und andere siehe https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Geothermiekraftwerken_in_Deutschland)

Fallstudien aus Rumänien: (Oradea)

Fallstudien aus Ungarn: (Miskolec, Tura)

Dauer der Vorlesung 1 - 5 Stunden

Übungen - 3 Stunden

Übungen könnten sich beispielsweise auf die Entwicklung von Fallstudien für ausgewählte Regionen beziehen (Punkt 6)

Vortrag 2: Einführung in die Strom-, Fernwärmeerzeugung und Kühlung mit geothermischer Nutzung

Ziel der Vorlesung ist es, grundlegende Informationen im Bereich der Strom-, Wärmeerzeugung und Kühlung aus geothermischen Ressourcen zu vermitteln.

1. Stromerzeugung aus geothermischen Quellen

Weltweiter Überblick über die geothermische Stromerzeugung
Einführung in die elektrische Energieerzeugung mit geothermischer Nutzung
Überprüfung der Hoch- und Tieftemperaturtechnik

2. Konzept und Komponenten von Fernwärme- und Kälteanlagen

Übersicht über Heizsysteme, Komponenten, Einflüsse, Zusammenarbeit
Geothermie - die Eigenschaften einer Energiequelle
Geothermie als Wärmequellenkomponente
Optimierung des geothermischen Heizsystems (Hybrid-Energiequellen, Kaskadenenergienutzung, Wärmepumpen)
Geothermische Kühlung

3. Kombination von Wärme- und Stromerzeugung, Polygeneration

Kombination von Wärme und elektrischer Energie,
Kombination von Wärme, Strom und Kühlung

4. Kalkulation von Energiepreisen und Kosteneffizienz

Breite Nutzung von geothermischen Produkten (Energie, Wasser und andere) - Übersicht und Fallstudien

5. Fallstudien und Referenzanlagen

Turawell-Projekt Orka - Ungarn
Podhale Region und Mszczonów Heating Planta - Polen
Projekt Oradea - Rumänien
Projekt Neustadt-Glewe - Deutschland

6. Lokale und regionale Nutzungspotenziale

Perspektiven in Polen (lokales Potenzial, Erkennung von Ressourcen)

Dauer der Vorlesung 1 - 6 Stunden

Übungen - 2 Stunden

Vortrag 3: Best-Practice und Umweltauswirkungen von geothermischer Nutzung in unserem Energiesystem

Das erste Ziel der Vorlesung ist es, die besten Praktiken zur Nutzung von geothermischem Wasser und Energie an verschiedenen Orten auf der Welt zu prüfen. Das zweite Ziel ist es, viele Aspekte der geothermischen Auswirkungen auf die natürliche Umwelt und Wirtschaft darzustellen. Die Studierenden erfahren mehr über die Auswirkungen der geothermischen Wasserexploration und -nutzung, der geothermischen Energienutzung für Fernwärme und Kühlprojekte auf die natürliche Umwelt und Wirtschaft.

1. Erfolgsmethode in den Erfahrungen auf der ganzen Welt mit der geothermischen Wasser- und Energienutzung
Beispiele aus der Welt und der EU.
Rechtsakte und Vorschriften für die Geothermie und Wassernutzung.
2. Ökologische und lebenszyklusbezogene Analysen
3. Umweltauswirkungen der geothermischen Exploration
Auswirkungen der geothermischen Exploration auf die Umwelt - Erforschungsarbeiten (z.B. geophysikalische Forschung),
Bohrungen, Lärm, Emissionen, Isolierung von Grundwasserleitern und Speicherständen.
4. Umweltauswirkungen der geothermischen Energienutzung
Auswirkungen der Nutzung geothermischer Energie auf die Umwelt - Speichermanagement, Verteilung, Wassereinleitung, langfristige Nutzung.

Ökologische Wirkung bei der Nutzung der Geothermie. Wirtschaftliche Rentabilität und ökologische Wirkung.
5. Umweltauswirkungen von Fernwärme- und -Kälteprojekten
Kosten, Anlagenbau, langfristige Betriebsmöglichkeiten, Druck im Loch, Wassereinspritzung.
6. Umweltauswirkungen der geothermischen Wassernutzung
Behandlung und Reinigung von geothermischem Wasser (Beispiele für den Einsatz von Technologien; Umkehrosmose,
Ultrafiltration, Belüftung, Enteisung und andere angewandte Behandlungstechnologien)

Dauer der Vorlesung 1 - 5 Stunden

Übungen - 3 Stunden

Bildungsergebnisse

Wissen

- Die Studierenden kennen und erklären die grundlegenden Definitionen, Konzepte und Gesetze der Geothermie und kennen ausgewählte geologische Methoden und Heiztechnologien für die Diagnose, den Zugang und das Management von Energie und geothermischen Ressourcen.
- Der Student verfügt über Grundkenntnisse in der Geologie verschiedener geothermischer Regionen und der damit verbundenen Arten von geothermischen Lagerstätten.
- Der Student ist sich der Erneuerbarkeit der geothermischen Ressourcen bewusst und verfügt über grundlegende Informationen über die Technologie der Geothermiebohrungen.
- Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse in Physik und Thermodynamik.
- Der Student hat Kenntnisse über die Umweltaspekte der Nutzung von Energieressourcen.

Fähigkeiten

- Der Schüler ist in der Lage, die Bedingungen des Auftretens von geothermischem Wasser zu analysieren und seine Eignung für bestimmte Zwecke anhand der Literatur und der Materialien zu beurteilen.
- Der Student ist in der Lage, einfache Ressourcenbewertungen durchzuführen und die Ergebnisse hydrogeothermischer Messungen für einfache geologische Situationen zu interpretieren.
- Der Student hat die Fähigkeit, seine Kenntnisse im Bereich der Geothermie zu erweitern.
- Der Student ist in der Lage, die Kosteneffizienz der Anwendung der Geothermie-Technologie abzuschätzen.
- Der Student ist in der Lage, relevante Daten zu sammeln und zu analysieren und anhand dieser Daten die Auswirkungen der Nutzung auf die Umwelt zu ermitteln

Einstellung/Sozialkompetenzen

- Der Schüler ist sich der wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Auswirkungen der Ingenieur Tätigkeit im Bereich der Erforschung und Nutzung von geothermischen Lagerstätten bewusst und versteht diese.
- Der Schüler ist sich der Notwendigkeit bewusst, die beruflichen und persönlichen Kompetenzen zu verbessern und das Wissen durch Selbststudium zu erweitern
- Der Student versteht den Wert der Forschungsarbeit und kann kritisch über Informationen aus verschiedenen Quellen nachdenken

Leitfaden für den Studienbericht und die Vorlage

Jeder Schüler wählt eine geothermische Ressource oder Region aus, um einen Fallstudienbericht zu erstellen, der am Ende des Kurses fällig wird.

Der Studienbericht muss ca. 5 Seiten lang sein (Schriftart Times New Roman, 12 Punkt, 1. 5 Zeilenabstand), einschließlich Abbildungen und Tabellen. Alle Berichte müssen eine Referenzliste haben.

Liste der Referenzen:

Mary H. Dickson und Mario Fanelli;

Geothermie: Nutzung und Technologie; UNESCO-Verlag von John Wiley & Sons; 1995

William E. Glassley; Geothermie: Erneuerbare Energien und Umwelt, Zweite Ausgabe; 2014, CRC Press; ISBN-13: 9781482221749

Ingrid Stober, Kurt Bucher; Geothermie: Von theoretischen Modellen bis hin zu Exploration und Entwicklung; 2013; Springer Verlag

Colin Harvey, Graeme Beardsmore, Inga Moeck und Horst Rüter; Geothermische Exploration - Globale Strategien und Anwendungen; 2016;

IGA Academy Books; ISBN: 978-3-9818045-0-8

Billy C. Langley; Wärmepumpentechnik Dritte Ausgabe;

2001, Pearson; ISBN: 978-0130339652

Keith E. Herold; Absorptionskältemaschinen und Wärmepumpen; 2016, Productivity Press;

ISBN: 9781498714341

Jay Egg; Geothermische HVAC: Grünes Heizen und Kühlen; 2010, McGraw-Hill Education

ISBN: 9780071746106

Marc A. Rosen, Seama Koochi-Fayegh; Geothermie: Nachhaltiges Heizen und Kühlen mit dem Boden; 2017; John Wiley & Sons Inc.; ISBN: 9781119180982

Sven Werner; Internationaler Überblick von Fernwärme und -kühlung; Science direct

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421730614X>

Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Markus Blesl; Sven Svendsen, Hongwei Li, Natasa Nord, Kari Sipilä;

Niedertemperatur-Fernwärme für zukünftige Energiesysteme;

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322592>

Dietrich Schmidt, Anna Kallert, Janybek Orozaliev, Isabelle Best, Klaus Vajen, Oliver Reul, Jochen Bennewitz, Petra Gerhold; Entwicklung eines innovativen Niedertemperatur-Wärmeversorgungskonzeptes für ein neues Wohngebiet;

Energy Procedia, Band 116, 2017, S. 39-47

Fernwärme in Städten: Erschließung des Potenzials von Energieeffizienz und erneuerbaren Energien;

www.unep.org/energy/des

Popovski K. et al., 2010 - Geothermische Energie.

Bundschuh J. (Hrsg.), Tomaszewska B (Hrsg.) 2018 - Geothermische Wasserwirtschaft; CRC Press

Taylor&Francis Group

<https://www.crcpress.com/Geothermal-Water-Management/Bundschuh-Tomaszewska/p/book/9781138749009>

Lund J., Boyd T.L., 2016 - Weltweite Überblick der direkten Nutzung von Geothermie 2015. Geothermie, Bd. 60,

S. 66-93 <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2015.11.004>

DiPippo R., 2015 - Geothermische Kraftwerke: Prinzipien, Anwendungen, Fallstudien und Umweltauswirkungen, Butterworth Heinemann, 4. Ausg.

Für polnische Fallstudien:

Górecki W. (red.), 2006 - Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznych i paleozoicznych na Niżu Polskim

Górecki W. (red.), 2011 - Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich