

Jahrestagung des Fachausschusses Geothermie der GDMB am 7. und 8. Juni 2018 in Witten/Ruhr

THOMAS NEU, Germany

Am 7. und 8. Juni 2018 trafen sich auf Einladung der KAMAT GmbH & Co. KG rund 20 Experten aus Behörde und Industrie, von Forschungseinrichtungen und Ingenieurbüros am Firmensitz in Witten/Ruhr zum Meinungsaustausch und zur Weiterbildung.

Neben der Bedeutung der tiefen Geothermie für die künftige Fernwärmeezeugung standen Ausfällungen aus dem Thermalwasser und ihre Ursachen, Vermeidung und Beseitigung im Mittelpunkt der Veranstaltung, da Ausfällungen die Betriebssicherheit und damit die Betriebskosten empfindlich beeinflussen.

Geothermie hat gerade bei der Bereitstellung von Wärme und Kühlenergie immense Potenziale anzubieten und kann damit eine wesentliche Stütze der Wärmewende sein [1]. Das Ziel, bis 2050 80 % bis 95 % an Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 einzusparen, ist ambitioniert. Das Zwischenziel für das Jahr 2020 wird Deutschland nicht mehr erreichen. Das zeigt einmal mehr der Klimaschutzbericht 2017, der für übernächstes Jahr eine CO₂-Reduktion von ca. 32 % gegenüber 1990 prognostiziert. Angestrebt wurden ursprünglich 40 %. Besonders im Wärmemarkt wird deutlicher Handlungsbedarf nicht nur vom Bundesverband Geothermie gesehen. Mit Blick auf die Klimaschutzziele muss der Anteil Erneuerbarer Energien bei der Bereitstellung von Wärme und Kühlenergie, der derzeit bei 12,9 % liegt, noch deutlich gesteigert werden. Ziel sollte eine Verstetigung und Beschleunigung beim Einsatz von oberflächennahen Geothermieranlagen mit Wärmepumpen und tiefeingeothermischen Anlagen sein. Insbesondere der Ausbau der Fernwärme auf der Basis von tiefer Geothermie muss deutlich beschleunigt werden, wie München es bereits vormacht [2]. Potenzialstudien bestätigen, dass die Geothermie eine wichtige Säule beim Umbau der Wärmeversorgung sein kann. Eine flurstücksgenaue Potenzialstudie des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW (LANUV) zeigt, dass allein durch die oberflächennahe Geothermie mehr als 50 % des Wärmebedarfs des dichtbesiedelten und bevölkerungsreichsten Bundeslandes bereitgestellt werden könne. Die Tiefe Geothermie könnte zusätzlich deutschlandweit rund 17 % der 2050 benötigten Wärme zur Verfügung stellen; dies zeigt eine Studie des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik [3].

Der fachliche Teil der Tagung begann mit der **Vorstellung des gastgebenden Unternehmens KAMAT GmbH & Co. KG** durch den geschäftsführenden Gesellschafter Dr.-Ing. Andreas Wahl und dem Rundgang in beiden Werken mit Besichtigung der Teilefertigung sowie der Pumpen- und Gerätemontage. Dieser erfolgreiche Mittelständler ist heute ein weltweit führendes Unternehmen für

Dipl.-Ing. THOMAS NEU,
proG.E.O. Ingenieurgesellschaft mbH, Elisabethenstraße 3,
66119 Saarbrücken, Germany
Tel. +49 - (0)681 - 584 77 56
t.neu@progeo-ing.de



Abb. 1: Weltweit größte Hochdruckstation zur Versorgung des Schildausbaus in der US-amerikanischen Steinkohlengrube Peabody Twentymile, verfahrbar an einer Einschienehängbahn

unter- und übertägige Lösungen mit Hochdruckhydrauliksystemen, der seine Komponenten weitestgehend selber fertigt. Die Hochdruckstationen für den Schildausbau sind heute in fast allen Steinkohlenbergbaurevierern mit Strebbau im Einsatz (Abbildung 1).

Für das Geothermiezentrum Bochum wurde eine Hochdruckstation im Rahmen des vom Forschungszentrum Jülich geförderten Projektes „LaserJetDrilling“ entwickelt, um mit einer wasserstrahlgeführten Laserbohrtechnologie geothermische Ressourcen effizient zu erschließen, sodass eine flächendeckende Strom- und Wärmeenergiegewinnung aus tiefer Geothermie in Deutschland realisiert werden kann. Das neuartige Bohrverfahren verwendet zur Steigerung der Vortriebsgeschwindigkeiten hochenergetische Laserstrahlung (Abbildung 2).



Abb. 2: Projekt LaserJetDrilling des Internationalen Geothermiezentrums Bochum (GZB); rechts neben der GZB-Bohranlage BO.REX steht die von Kamat konzipierte Hochdruckstation (Foto: GZB)



Abb. 3: Rohrreinigungssystem „Tornado“ von Kamat nutzt Höchstdruckwasserstrahlen

Zur Beseitigung von Ausfällungen in Rohrleitungen und Wärmetauschern stellte Dr. Wahl Lösungen mittels Höchstdruckwasserstrahlen vor. Mit dem von Kamat entwickelten System „Tornado“ lassen sich selbst betonähnliche Ablagerungen kostengünstig und schnell entfernen (Abbildung 3). Für die Reinigung von Rohrbündelwärmetauschern und Rohren kleinerer Durchmesser werden Hochdruckanlagen mit Rotationsdüsen verwendet. Für die Entlackung und Entrostung von großen Metallflächen wie z.B. Tanks und Schiffen hat KAMAT neben Hochdruckpistolen einen ferngesteuerten Roboter „Crawler“ entwickelt, der magnetisch an der Wand haftet und ferngesteuert verfahren wird, während der eingebaute Flächenreiniger die Oberfläche mit einem Hochdruck-Wasserstrahl bearbeitet. KAMAT entwickelt und baut Hochdruckpumpen mit Eingangsleistungen von 10 kW bis 1,2 MW, die Drücke bis 3500 bar zuverlässig erzeugen können.

Der Leiter des GZB – Internationales Geothermiezentrum Bochum Prof. Dr. Rolf Bracke stellte anschließend das Institut und **Das tiefegeothermische Rahmenprojekt TRUDI (Tief runter unter die Ruhr) als Beitrag zur Transformation der Fernwärmesysteme im Ruhrgebiet** vor. Die besondere Herausforderung in der Rhein-Ruhr-Region stellt die Größe der einzelnen Fernwärmenetze dar, die ausschließlich fossile Energieträger in überwiegend älteren Kraftwerken einsetzen. Tiefengeothermie kann an Rhein und Ruhr einen substantiellen Beitrag bei der Konversion des Fernwärmenetzes leisten. Allerdings ist der Kenntnisstand über geothermisch nutzbare Horizonte noch sehr ungenügend, wodurch Investoren zögern. Zu den potentiellen geologischen Formationen für hydrothermale tiefegeothermische Systeme zählen die Massenkalk des Devons, der Kohlenkalk des Unterkarbon oder der Ruhrsandstein des Oberkarbon. Die Wärmespeicherung könnte in geeigneten

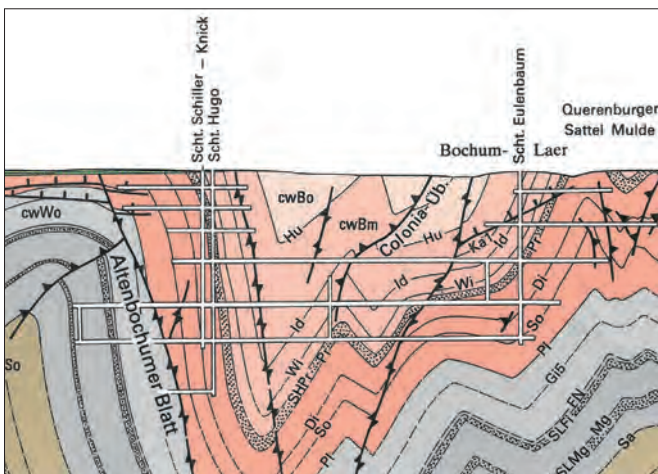


Abb. 4: Grubengebäude der 1958 stillgelegten Zeche Dannenbaum, Nutzung als Wärmespeicher zur Versorgung der früheren Fläche des Bochumer Opelwerkes mit Kälte und Nahwärme (Quelle: Geologisches Landesamt NRW, Geologische Karte von NRW 1 : 25 000, Blatt 4509 Bochum)

ten stillgelegten Steinkohlenbergwerken erfolgen. Erforderlich sind hierfür ein strategisches Forschungsprogramm sowie Pilotprojekte in Analogie zum Großraum München über einen Zeitraum von 15 Jahren. TRUDI soll ein großes Rahmenexperiment zur untertägigen Exploration, Speicherung und zur Integration von hT-Wärmepumpen/KWK in FW-Netze in der Rhein-Ruhr-Region werden. Die Konversion der Fläche des früheren Opel-Werkes in Bochum ist bereits weit fortgeschritten. Eine Wärmespeicherung unter Nutzung des Grubengebäudes (Abbildung 4) der 1958 stillgelegten Zeche Dannenbaum zur Versorgung der neuen Flächennutzer mit Nahwärme und Kälte ist in Planung.

Im Vorfeld der Tagung des Fachausschusses haben die Stadtwerke Bochum auf Anfrage mitgeteilt, dass sie keine Probleme mit Ausfällungen aus dem Grubenwasser mehr haben, seitdem sie Wärmetauscher aus Titan einsetzen.

Prof. Dr. Ernst Huenges, GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam berichtet über **Lernpunkte aus den Kommunikationsexperimenten in den Forschungsbohrungen Groß Schönebeck**. Die zwischen 2011 und 2013 durchgeführten Zirkulationstests zeigten eine deutliche Abnahme der Produktivität während der Tests. Ursächlich hierfür waren Ablagerungen, elektrochemische Reaktionen im Gebirge im Nahbereich der Bohrung, Nachhaltigkeit der im Gebirge erzeugten Risse/neuen Wasserwegsamkeiten und das Gas-Wasser-Verhältnis im Reservoir. Während und nach den Zirkulationstests wurden verschiedene chemische Reaktionen wie Korrosion, Thermalwasserzusammensetzung, feste und gasförmige Bestandteile planmäßig sowohl über Tage als auch unterhalb der Förderpumpe beobachtet (Abbildung 5).



Abb. 5: Vorrichtung zum Testen verschiedener Werkstoffe im hochsalinaren Thermalwasser Norddeutschlands in Groß Schönebeck

Legierungen wie CrNiMo-Stahl, austenitische Stähle wie Duplex oder Superduplex zeigten eine gute Beständigkeit und keine Korrosion, während Schwarzstahl stark angegriffen wurde. Überraschend war das Versagen der Oberflächenbeschichtung der Verrohrung aus Epoxidharz, wobei bis jetzt noch nicht klar ist, ob es sich um ein Fertigungsproblem handelte oder die Umweltfaktoren eine Rolle spielten. Die Ablagerung von gediegenem Kupfer im Bohrloch tiefsten ist auf eine chemische Reaktion im Bohrloch zurückzuführen, deren Ursache das in Nordostdeutschland weit verbreitete, bis 1992 im Mansfelder Land und heute noch sehr erfolgreich in Polen bergmännisch abgebaute Kupferschieferflöz bilden könnte.

Die Forschungsarbeiten in Groß Schönebeck werden fortgesetzt, um technologische Lösungen für die wesentlichsten Herausforderungen zu finden. Die Durchführung einer 3D-Seismik und

eine dritte Bohrung sind geplant, um das Reservoirverständnis weiter zu verbessern.

Über **Scalings in geothermischen Systemen: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft** sprach Dr. Thomas Baumann, Institut für Wasserchemie (IWC) an der Technischen Universität München. Er stellte ein hydrogeochemisches Modell vor, das mit Werten der Geothermieanlagen Pullach und Dingolfing verifiziert wurde. Dabei konnte festgestellt werden, dass Gasgehalt und Temperatur die wichtigsten Parameter sind, die Ausfällungen beeinflussen. Er diskutierte Ausfällungen in Rohrleitungen (wo die Oberflächeneigenschaften ebenfalls von Bedeutung sind), Wärmetauschern und Pumpen (wo auch der Weitertransport von Ausfällungen eine Rolle spielt) und ihre Auswirkungen auf die Langzeitstabilität der Systeme. Um Ausfällungen zu verhindern oder zu reduzieren, kommen verschiedene Maßnahmen wie Druckerhöhung, Temperaturabsenkung (aber zu Lasten der thermischen Leistung einer Geothermieanlage), Inhibitoren oder Konditionierung in Frage. Entscheidend ist aber die weitere wissenschaftliche Begleitung von Geothermieprojekten, um die komplexen Zusammenhänge besser verstehen zu können und zu lernen, wie gegengesteuert werden kann.

Dr. Jochen Schneider, HYDROSION GmbH, München, beleuchtete in seinem Vortrag **Ausfällungen im Thermalwasserkreislauf und Lösungsansätze** weitere Aspekte, um diese komplizierten Vorgänge besser zu verstehen. Entgasungen, Ausfällungen und Korrosion sind Folgen der Störung des Gleichgewichtszustandes zwischen Nebengestein und Tiefengrundwasser im Reservoir durch die Erschließung, Förderung und den späteren Kontakt metallischen Werkstoffen in Rohrleitungen oder Pumpen. Je nach Gestein, Druck und Temperatur kommt es zu verschiedenen Wasser-Gas-Gesteins-Wechselwirkungen bei entsprechender Mineralisation des Tiefengrundwassers. Nimmt dabei die Konzentration eines Ions in einer Lösung zu, kommt es bei Überschreitung des Löslichkeitsproduktes zur Ausfällung einer festen Phase, z.B. bei Abkühlung des Tiefengrundwassers, bei Druckentlastung und Entgasung, bei Änderung des Redoxpotentials oder des pH-Wertes (Abbildung 6). Ebenso wie Baumann fordert er eine kontinuierliche Überwachung der Geothermieanlagen, um ein grundlegendes Verständnis des Reservoirs und Thermalwassersystems zu ermöglichen. Ein den standortspezifischen Bedingungen angepasstes Monitoringsystem erlaubt eine frühzeitige Erkennung hydrochemischer Veränderungen im Gesamtsystem auf Basis verlässlicher pH-, Leitfähigkeits- und Temperaturmessergebnisse, im Idealfall als temperaturbeständige Sonden. Weiterhin bedarf es einer exakten Probenahme – im besten Fall in einem druckstabilen System mit Stahlzylindern – für regelmäßige Analysen der Hauptionen, der wichtigsten Spurenstoffe (z.B. Fe, H₂S), bestimmter Isotopensystem und der quantitativen Gaszusammensetzung. Eine gute analytische Dokumentation ist die Grundlage für die geochemische Modellierung. Damit erhält man ein Systemverständnis und kann im Vorfeld näherungsweise klären, ab welchen Temperaturen und

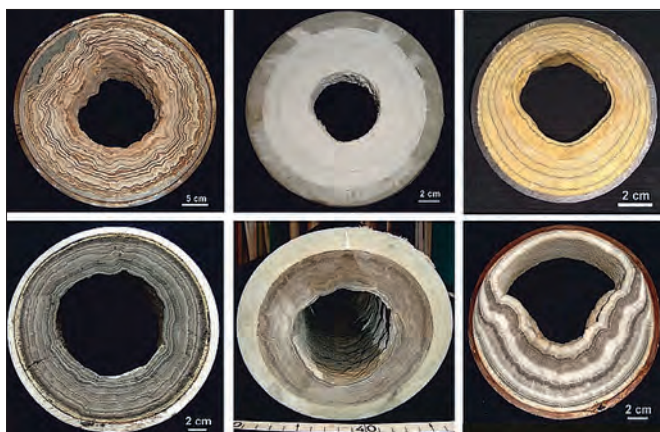


Abb. 6: Ausfällungen in Rohrleitungen (Bildquelle: tugraz.at)

Drücken Ausgasungs- oder Ausfällungsprozessen zu erwarten sind als Basis für die Entwicklung weiterer Maßnahmen. Ausfällungen (Abbildung 6) und Korrosion sollen so vorhergesagt und verhindert werden; allerdings besteht die Herausforderung der verlässlichen Datengrundlage. Daraus kann je nach Anlage und Förderparameter ein Reservoirbewirtschaftungskonzept entwickelt werden.

Eine bereits in der Praxis erprobte Vorgehensweise zur chemischen Beseitigung von Ausfällungen präsentierte Dr. Nils Recalde Lummer, Fangmann Energy Services GmbH & Co. KG, Salzwedel, in seinem Vortrag **Premium Descaling of Geothermal Plants – Fluid Development, Field Trials and Lessons Learned**. Im Labor wurde eine organische Säure ausgesucht, mit anderen Säuren verglichen und getestet, ehe sie in einer oberbayerischen Anlage zur Reinigung einzelner Anlagenteile und des Gesamtsystems aus Rohrleitungen und Wärmetauschern des Thermalwasserkreislaufs erfolgreich zum Einsatz kam (Abbildung 7). Diese starke organische, phosphorfreie Säure reagiert schnell, setzt keine Gerüche oder schädlichen Gase frei, entspricht Wassergefährdungsklasse 1, hat nur eine geringe Giftigkeit gegenüber Wasserlebewesen und ist selbst bei höheren Temperaturen wenig korrosiv. Für den Einsatz ist sie vorzuwärmen und auf ein turbulentes Strömungsregime ist zu achten.



Abb. 7: Teil der Reinigungsanlage für den Thermalwasserkreislauf eines oberbayerischen Geothermieprojekts mit einer starken organischen Säure

Dipl.-Ing. Reinhard Klingberg (Koautor Dipl.-Ing. Andreas Kanja, beide RKM-Arens Anlagenbau GmbH, Essen) sprach über **Das Geothermieheizkraftwerk Traunreut – von der Projektphase bis zur Realisierung** (Abbildung 8), das in drei Phasen realisiert wurde: 2010 bis 2013 Planung, Genehmigung, Bohrungen, 2013 und 2014 Einhängen der Förderpumpe, Realisierung der Fernwärmeauskopplung und eines BHKW zur Eigenstromerzeugung, 2015 und 2016 Errichtung der ORC-Anlage und Einspeisung ins öffentliche Stromnetz. Die geothermische Doublette besteht aus zwei Bohrungen mit Teufen (MD) von 5067 m und 5412 m. Zurzeit liegen die Fördertemperatur bei rd. 115 °C und der Fördervolumenstrom bei 165 l/s, eine Steigerung auf 185 l/s ist vorgesehen. Bei einer Außentemperatur von 10 °C hat die ORC-Anlage eine



Abb. 8: Geothermieheizkraftwerk Traunreut (im Hintergrund die Stadt)

Leistung von 4,1 MW_{elektrisch} bis zu 12 MW_{thermisch} können an das städtische Fernwärmenetz der rd. 22 000 Einwohner zählenden Stadt abgegeben werden. Obwohl das Thermalwasser nur eine Mineralisation von deutlich kleiner 1 g/l hat, ist es bedingt durch den hohem Volumenstrom zu signifikanten Ausfällungen gekommen. Eine chemische Reinigung war zwar erfolgreich, jedoch verschlechtert sich der Zustand wieder über die Zeitachse, so dass weitere Versuche zur dauerhaften Verringerung von Ausfällungen anstehen.

Rohrlösungen für den Thermalwasserkreislauf und für Wärmetauscher stellte Dr.-Ing. Sebastian Leif Schulze, Mannesmann Precision Tubes GmbH, Mülheim/Ruhr, vor. Nach der Unternehmenspräsentation und dem Hinweis auf kaltgezogene Rohre nach EN 10305-1 und ASTM A 519 bis zu einem Außendurchmesser von 7“ und einer Wandstärke von 0,4“, die an Bohrgestängehersteller geliefert werden, wurde das Vormaterial für Wärmetauscher beleuchtet. Unterschiedlichste Kundenwünsche für den Kraftwerksbau, Solaranwendungen oder die Industrie können unter Berücksichtigung fast sämtlicher internationaler Normen erfüllt werden. Besondere Beachtung fand der Hinweis auf nahtlose, kaltgezogene Rohre mit Feldern und Zügen, die eine turbulente Strömung begünstigen und damit den Wärmeübergang verbessern und Ablagerungen verringern sollen (Abbildung 9). Verschiedene Profile sind in Abhängigkeit von der Anwendung und dem Medium möglich. Gesucht werden Partner aus Forschung und Anwendung, die gemeinsam die Produktpalette analog den Kundenbedürfnissen weiterentwickeln wollen.



Abb. 9: Nahtlose, kaltgezogene Rohre für Wärmetauscher mit Feldern und Zügen zur Verbesserung der Wärmeübertragung und Verringerung von Ausfällungen

Wolfgang Jaske, Jaske & Wolf Verfahrenstechnik GmbH, Lingen, beendete die Fachausschusssitzung mit einem Vortrag über die **Energetische Nutzung von mineralischen Thermalquellen am Beispiel des Geyr-Sprudel in Bad Breisig**. 2014 ging für den Ertfverband der 1. Bauabschnitt zur Wärmegewinnung aus Sumpfungswasser der naheliegenden Tagebaue in Betrieb. Inzwischen leisten zwei Wärmepumpen 620 kW und arbeiten mit konstanter Leistung im Dauerbetrieb (Abbildung 10). Vorher scheiterte diese Lösung am hohen Verschmutzungsgrad des Sumpfungswassers und



Abb. 10: 2. Bauabschnitt der geothermischen Sumpfungswassernutzung aus Braunkohlentagebauen für den Ertfverband mittels Wärmepumpe und eines Abwärmerückgewinnungssystems mit konstanter Heizleistung durch regelmäßiges Molchen



Abb. 11: Molche nach fünfmonatigem Einsatz mit leichten Einsatzspuren: Ablagerung auf der Oberfläche ist unkritisch, Abrieb an den Reinigungs-lippen ist gering

an den dadurch verursachten Ablagerungen im Wärmetauscher, die regelmäßig die Übertragungsleistung deutlich reduzierten. Erst durch regelmäßiges Molchen können die Oberflächen metallisch blank gehalten werden; der Abtrag verbleibt im Thermalwasser.

Eine ähnliche Lösung mit Molchen (Abbildung 11), die entweder prophylaktisch oder bei Abfall der Wärmeübertragungsleistung eingeschleust werden, wurde auch für die neue Heizzentrale mit thermischer Nutzung der Thermalquelle Geyr-Sprudel in Bad Breisig am Rhein gefunden. Mit rd. 1240 mg/l gelöstem CO₂ und rd. 5,5 g/l gelösten Salzen (i.W. Natrium-, Magnesium- und Calciumsalze), einer Schüttung von 100 m³/h bei einer Temperatur von konstant 33 °C stellt diese Thermalquelle neben ihrer balneologischen Nutzung eine sehr interessante Basis für eine geothermische Nutzung dar. 2017 wurden mit einem eigens entwickelten Testcontainer, der neben dem Wärmetauscher einschließlich Molchsystem noch einen Rückkühler enthält, Versuche durchgeführt, um die Heizzentrale für das Schwimmbad zu planen und eine Nahwärmeinsel für ganzjährig konstant 2 MW_{thermisch} zu entwickeln. Zurzeit ist dieser Testcontainer auf Borkum im Einsatz, um ebenfalls die Basisdaten für eine Nutzung des Wärmepotenzials des biologisch sehr aktiven Nordseewassers ohne Verschleimung der Wärmetauscher zu ermitteln.

Die Expertenrunde war sich einig, dass dieses Format der Fachausschusssitzung dem Erfahrungs- und Gedankenaustausch sehr förderlich ist. Offen wurde über die Ursachen von Ausfällungen und ihre Vermeidung diskutiert, wobei Monitoringsysteme künftig das Verständnis verbessern sollen. Spannend war die Diskussion zwischen mechanischer, chemischer oder verfahrenstechnischer Reinigung von Rohrleitungssystemen und Wärmetauschern, wobei eine Lösung immer projektbezogen gesehen werden muss.

Auf Einladung von Prof. Dr. Rolf Bracke, Leiter des Internationalen Geothermiezentrums Bochum GZB, findet die Fachausschusssitzung 2019 vom 26. bis 27. Juni 2019 in Bochum statt. Neben den zahlreichen Aktivitäten des GZB wird der Themenschwerpunkt der Tagung auf der Nutzung von Grubenwässern und insbesondere auf geothermischer Fernwärme liegen, wobei dem Vergleich der devonischen Kalke Westdeutschlands mit der Situation in der bayerischen Molasse besondere Bedeutung zukommen wird.

References/Literatur

- [1] http://www.geothermie.de/fileadmin/useruploads/bundesverband/presse/PM_2018/PM_20180613_Klimaschutzziele_werden_verfehlt.pdf, abgerufen am 25.07.2018
- [2] <https://www.swm.de/dam/swm/dokumente/m-fernwaerme/broschuere-gestalter-waermewende.pdf>, abgerufen am 25.07.2018
- [3] https://www.leibniz-liag.de/fileadmin/user_upload/s4/downloads/positionspapier_waermewende.pdf, abgerufen am 25.07.2018