

MAS ETH GPB

MAS Thesis Gesamtprojektleitung Bau

Fritz Leibundgut

Holistik im nuklearen Stilllegungsprozess

Risiken der Digitalisierung

Referenten: Prof. Sacha Menz, Axel Paulus, Dr. Ivan Bocchio

Zürich, Mai 2020

Inhalt

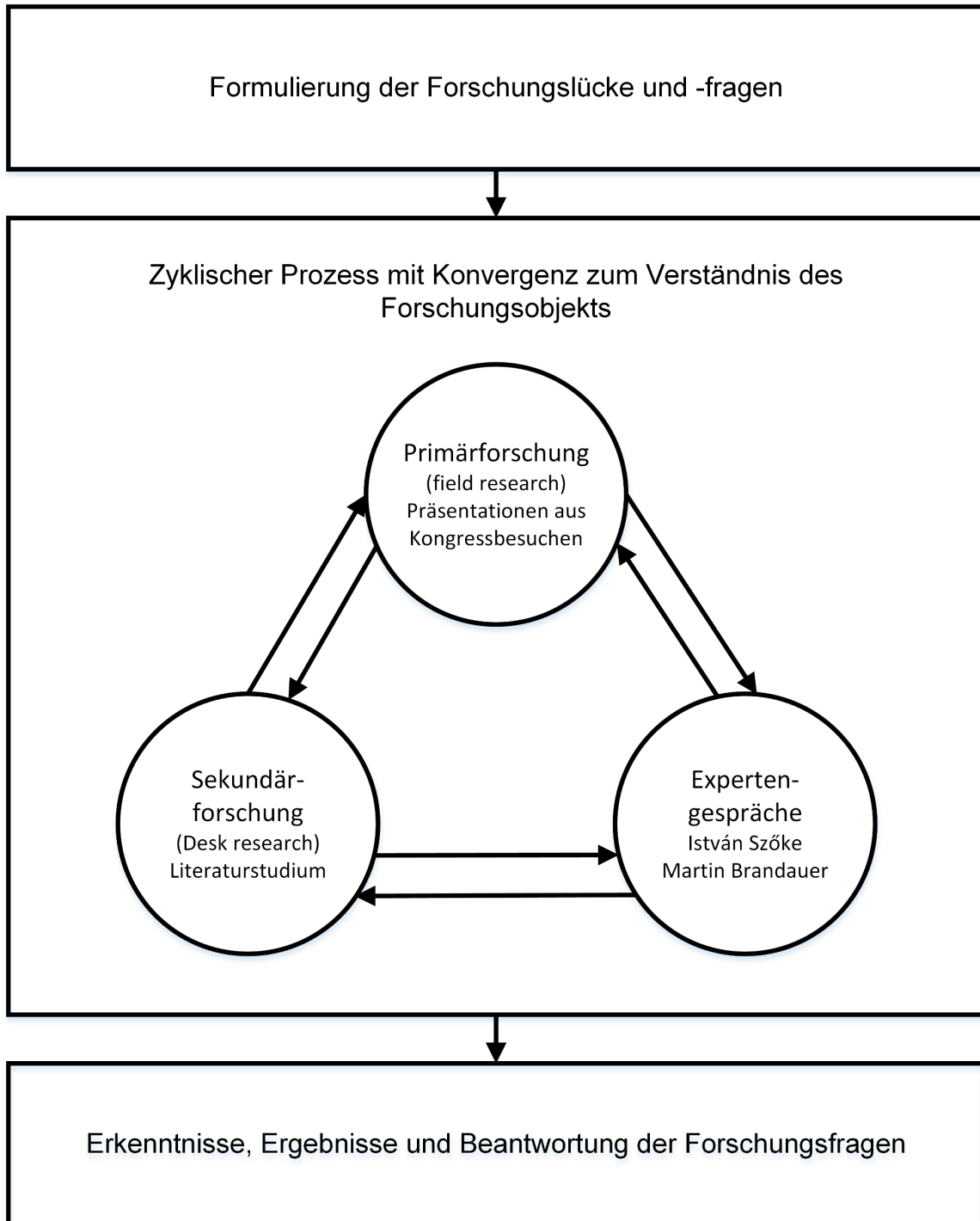
| | |
|---|--------------------|
| A | INHALTSVERZEICHNIS |
| C | METHODIK |
| D | KURZFASSUNG |

MAS THESIS GESAMTPROJEKTLEITUNG BAU

| | |
|---|----|
| Danksagung..... | 1 |
| Thema der Arbeit | 2 |
| Motivation | 4 |
| Aufbau der Arbeit | 4 |
| 1 Grundlagen für den Prozess der nuklearen Stilllegung | 6 |
| 1.1 Situation in der Schweiz..... | 6 |
| 1.2 Gesetzliche Grundlagen der nuklearen Stilllegung | 7 |
| 1.3 Richtlinie ENSI-G17 | 7 |
| 1.4 Stilllegungsprojekt..... | 9 |
| 1.5 Nachbetrieb | 16 |
| 1.6 Aktualisierung des Sicherheitsberichts | 17 |
| 1.7 Stilllegungsverfügung..... | 17 |
| 1.8 Rückbau | 18 |
| 1.9 Abschluss der Stilllegung | 19 |
| 2 Erkenntnisstand im nuklearen Stilllegungsprozess | 21 |
| 2.1 Prozesselemente | 21 |
| 2.2 Stand der Technik und ihr Bedarf an Forschung und Entwicklung..... | 38 |
| 2.3 Die Rolle von Forschung und Entwicklung (F&E)..... | 40 |
| 2.4 Zerlegungs-, Demontage- und Dekontaminationstechnologien | 43 |
| 2.5 Daten- und Wissensmanagement | 47 |
| 3 Holistik im nuklearen Stilllegungsprozess – ein ganzheitlicher Ansatz..... | 51 |
| 3.1 Einleitung..... | 51 |
| 3.2 Ganzheitlichkeit im nuklearen Stilllegungsprozess..... | 51 |
| 3.3 Herkunft der Daten..... | 54 |
| 3.4 Modul «BIM» | 61 |
| 3.5 Modul «Projektmanagement»..... | 62 |
| 3.6 Modul «Semantik» | 64 |
| 3.7 Datenoutput | 67 |
| 3.8 Ausblick auf die typische Vorgehensweise bei der Zerlegung einer Komponente unter Zuhilfenahme von analytischen Rechencodes und BIM..... | 71 |
| 4 Risiken der Digitalisierung im nuklearen Stilllegungsprozess | 77 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 4.1 | Definition des Risikobegriffs für diese Arbeit | 77 |
| 4.2 | Risikomanagement-Prozess der Digitalisierung im nuklearen Stilllegungsprozess..... | 78 |
| 5 | Fazit und Ausblick | 89 |
| 5.1 | Zur Beantwortung der aufgeworfenen Forschungsfragen | 89 |
| 5.2 | Kritische Reflexion..... | 91 |
| 5.3 | Ausblick..... | 94 |
| Anhang | | 95 |
| Anhang 1: | Abbildungsverzeichnis..... | 95 |
| Anhang 2: | Quellen- und Literaturverzeichnis | 95 |
| Anhang 3: | Bundesrätliche Verfügung zum Abbruch des Forschungsreaktors Diorit (Auszug)..... | 101 |
| Anhang 4: | Interview in Olten mit István Szóke, PhD, IFE Norwegen, 5. Dezember 2019..... | 104 |
| Anhang 5: | Interview in Karlsruhe mit Dr. Martin Brandauer, NEA Paris, 29. Oktober 2019..... | 120 |

Methodik



Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit, verfasst als MAS-Thesis des ETH NDS Jahrgangs 2018 – 2020, beschäftigt sich mit den zukünftigen Herausforderungen, die sich den Verantwortlichen und den mit der Durchführung Beauftragten einer nuklearen Stilllegung gegenübersehen. Der nukleare Stilllegungsprozess ist eine komplexe Angelegenheit. Die öffentliche Aufmerksamkeit ist bei einem solchen Vorhaben gesichert. Deshalb ist es von grosser Wichtigkeit, dass eine nukleare Stilllegung transparent und unter Beachtung aller öffentlichen Beteiligungsmöglichkeiten stattfindet. Am Anfang steht der Betreiber einer Nuklearanlage, der beschliesst, diese Anlage nicht mehr zu nutzen, sondern sie stilllegen zu wollen. Damit beginnt eine Reise, die als Ziel die vollständige Entlassung aus der behördlichen Aufsicht hat. Diese Reise beinhaltet die Ausarbeitung von Dokumenten, die von Gesetzes wegen im Vorfeld erstellt werden müssen. Die Stilllegung beginnt nach der Erteilung der Stilllegungsverfügung mit dem Nachbetrieb. Viele Herausforderungen stehen an, als erstes muss der Kernbrennstoff entfernt werden. Danach müssen die stark radioaktiven Komponenten ausgebaut, zerkleinert und entsorgt werden. Die Anlage soll möglichst ohne Auflagen aus der behördlichen Aufsicht entlassen werden können. Dabei soll die anfallende Menge des radioaktiven Abfalls so klein wie möglich gehalten werden.

Dem Betreiber stehen viele Möglichkeiten offen, mit dieser Aufgabe umzugehen. Üblicherweise, besonders in der traditionell geprägten Stilllegungs-Community, hält man sich an erprobte und bewährte Methoden für die Stilllegung. In heutiger Zeit jedoch bietet die fortschreitende Entwicklung informationstechnischer Möglichkeiten eine zunehmende Auswahlmöglichkeit hinsichtlich Digitalisierung. Man kann heute die nukleare Stilllegung komplett anders angehen. Strahlendosen des Stilllegungspersonals können reduziert, radioaktive Abfallmengen können signifikant vermindert werden, womit automatisch Kosten gespart werden. Mit Building Information Modeling ist es möglich, einen digitalen Zwilling einer ganzen Nuklearanlage zu erstellen und alle ihre Bestandteile mit Attributen zu versehen. Mit einer geeigneten Projektmanagementsoftware können sehr einfach alle benötigten Unterlagen für die Projektausführung bereitgestellt werden. Mithilfe eines semantischen Netzes kann eine strukturierte Argumentation und ein erweitertes elektronisches Datenmanagementsystem bereitgestellt werden. Diese drei Hauptmodule der in dieser Arbeit postulierten ganzheitlichen Herangehensweise ermöglichen in Verbindung mit analytischen Methoden, Steuerungsdaten für Zerlegungs- und Dekontaminationsroboter bereitzustellen und so die digitale Kette durchgängig aufrecht zu erhalten.

In dieser Arbeit wird gezeigt, wie mithilfe der Digitalisierung die Menge des in ein geologisches Tiefenlager zu verbringenden radioaktiven Abfalls minimiert werden kann. Ausserdem steigert der vermehrte Einsatz digitaler Mittel den Projekterfolg signifikant, was sich einer verbesserten Leistung, reduzierten Kosten und optimierten Terminen äussert. Nicht zu vernachlässigen sind aber die Gefahren, die eine vermehrte Digitalisierung mit sich bringt. So ist die IT-Sicherheit eine wichtige Grösse, die es gebührend zu berücksichtigen gilt, da der zu Beginn einer nuklearen Stilllegung noch vorhandene nukleare Brennstoff eine Gefahr darstellen kann. Mit der nötigen Umsicht kann aber diese Gefahr sehr klein gehalten werden und es kann dafür gesorgt werden, dass der nukleare Stilllegungsprozess erfolgreich abgeschlossen werden kann.