

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Energiewende - ein großes aktuelles Ziel der Bundesregierung. Die Energieversorgung auf erneuerbare Energien umzustellen ist ein entscheidender Schritt um dem Klimawandel entgegen zu wirken. [Pre] Forschung, vor allem im Bereich Energie und Materie, ist dafür von großer Bedeutung. Einen großen Beitrag in diesen Forschungsbereichen leisten die Wissenschaftler:innen an der Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II. Sie untersuchen chemische Prozesse und innovative Materialien bis ins kleinste Detail. Mit der vom Synchrotron erzeugten weichen Röntgenstrahlung analysieren sie nanometerdünne Schichten. Sie können damit Informationen über magnetischen Eigenschaften bis hin zur exakten atomaren Zusammensetzung erhalten, die ihnen Aufschluss über die vielfältigen Eigenschaften der Materialien geben. Mit den gewonnenen Erkenntnissen, vor allem im Bereich der effektiven Nutzung von Sonnenenergie, legen sie den Grundstein für die Forschung an erneuerbaren Energien. [Lan20]

1.1.1 Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II

BESSY II ist eine Synchrotronstrahlungsquelle der dritten Generation, die extrem brillantes Röntgenlicht für Forschungszwecke erzeugt. Die Röntgenstrahlen weisen dabei einen breiten Energiebereich von mehr als acht Größenordnungen auf. Sie reichen von langwelliger Terahertz-, Submillimeter- und Infrarotstrahlung bis hin zu Röntgenstrahlung mit einer mittelhohen Energie von bis zu 15 Kiloelektronenvolt, für einzelne Strahlrohre sogar bis 90 Kiloelektronenvolt. Die Anlage steht mit ihrem 240 m umfänglichen Speicherring in Berlin-Adlershof. Ihr Schwerpunkt auf der Erzeugung von weicher Röntgenstrahlung ist einmalig in Deutschland. Komplementär zu BESSY II ist in Deutschland PETRA III am DESY in Hamburg. PETRA III bedient im Gegensatz zu BESSY II harte Röntgenstrahlung. [Hel] [Lan20]

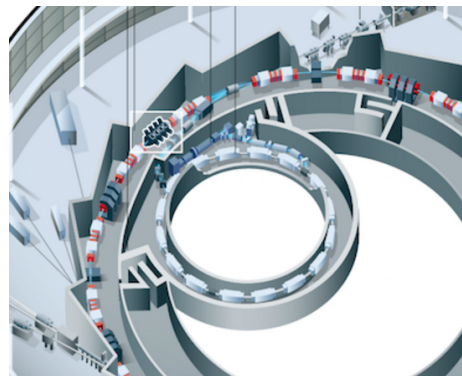


Abbildung 1: Bessy

Um die weiche Röntgenstrahlung zu erzeugen, werden in BESSY II Elektronen beschleunigt und in im Speicherring auf einer Kreisbahn gehalten. BESSY II wird deshalb auch als "Teilchenbeschleuniger" bezeichnet. Die Elektronen werden zu Beginn in einem linearen Vorbeschleuniger auf hohe Geschwindigkeiten gebracht. Daraufhin werden sie in einem Synchrotron (siehe Abb. 1 innerer Kreis) beschleunigt und dann in den evakuierten Ring mit nahezu Lichtgeschwindigkeit gebündelt eingespeist (siehe Abb. 1 äußerer Kreis). Um die Elektronen auf ihrer Kreisbahn zu halten, werden sie von Magneten immer wieder umgelenkt. Die bei der Umlenkung entstehende Röntgenstrahlung wird an den vom Speicherring tangential abgehenden Experimentierstationen von den Wissenschaftler:innen genutzt. [Lan20]

Das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB) ist für den Betrieb der Anlage zuständig. Damit zählt BESSY II zu den Großgeräten der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren. Im Jahr werden durchschnittlich 2700 Besuche von Gastforschenden aus dem In- und Ausland verzeichnet. Sie schätzen die hohe Zuverlässigkeit und Stabilität der Röntgenstrahlung für die Experimente. Während der Laufzeit von BESSY überwachen Mitarbeiter:innen vom HZB die Qualität des Elektronenstrahl. Sie sitzen im Kontrollraum und überprüfen die an verschiedenen Bildschirmen angezeigten Statusinformationen von BESSY II. [Hel] Eine der Hauptaufgaben des HZBs ist es die Software, mit der der Betrieb von BESSY II überwacht und gesteuert werden kann, zu pflegen. D.h. die Software muss regelmäßig gewartet und weiterentwickelt werden. Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit einer solchen Weiterentwicklung. Dabei wird das bereits vorhandene mit EPICS implementierte Prozessleistungssystem weiter ausgebaut. Das Ergebnis soll einen kleinen Beitrag zu der komplexen Steuerung von BESSY II leisten.

1.1.2 EPICS

Bei großen Experimenten, wie am BESSY II, müssen die vielen involvierten Geräte und Recheneinheiten mit einander verknüpft und kontrolliert werden. Diese Problematik wird u.a. auch vom "Internet of Things" (IoT, auf deutsch Internet der Dinge) aufgegriffen. Auch bei IoT geht es darum viele verschiedene Recheneinheiten, Sensoren und Speichermöglichkeiten und miteinander zu verbinden. [Gre21, S. 35 f] Der Anwendungsbereich von IoT erstreckt sich von Smart homes, über Verkehrsanalyse bis hin zu Steuerung von Geräten in der Industrie. Heute gibt es viele verschiedene Bausteine die IoT unterstützen. Gerade die Entwicklung von Mikrochips, Netzwerk-

protokollen und Clouds haben dazu beigetragen, dass IoT in seiner Vielfältigkeit möglich ist.

In den 1980er stand IoT jedoch noch am Anfang seiner Entwicklungsgeschichte. Damals gab z.B. es erste Versuche alltägliche Gegenstände mit Sensoren und Rechen- und Verbindungseinheiten zu versehen. Diese Ansätze waren aber noch nicht so ausgereift um ein ganzes Großexperiment, ähnlich dem zu BESSY II durchzuführen. Deshalb wurde damals in Großlaboren nach einer eigenen Lösung gesucht und EPICS (Experimental Physics and Industrial Control System), eine Software für Prozessleistungssysteme (engl. distributed control system), entwickelt. Mit Hilfe von EPICS können viele verschiedene Geräte miteinander verknüpft und über das Abfragen von Prüfständen einige hundert mal pro Sekunde überwacht werden. Entstanden ist es zwar ursprünglich Ende der achtziger Jahre in Zusammenarbeit von Mitarbeiter:innen des *Los Alamos National Laboratory* und des *Argonne National Laboratory*, wurde aber seit dem immer wieder weiter ausgebaut. Besonders durch das Aufheben der Lizenzbeschränkungen ca. zehn Jahre nach der Veröffentlichung wurde der Ausbau weiter voran getrieben. EPICS wird heute sowohl in der Wirtschaft, als auch weiterhin in der Wissenschaft, so auch am BESSY II, eingesetzt und kontinuierlich verbessert. [KGLT94]

1.1.3 Architektur

Die Architektur von EPICS gibt Aufschluss auf dessen Funktionsweise und soll deshalb im Folgenden genauer beleuchtet werden (siehe Abb. 2)

Die Basis für EPICS legen die Input/Output Controller (IOC, siehe Input-Output Abb.2). Sie erfassen die Statusinformationen der in das Prozessleistungssystem integrierten Messgeräte und Recheneinheiten. Auf ihnen baut die verteilte Laufzeit Datenbank (Distributed Run Time Database) auf. Die Datenbank ist für das Speichern von Daten zuständig. Ihr Anwendungsbereich ist jedoch umfassender als der einer klassischen Datenbank. Sie stellt weitere Funktionen, wie die Schleifensteuerung oder Alarmerkennung, zu Verfügung. Diese werden dann von anderen Subsystemen, wie dem Alarmmanager oder dem Sequencer benutzt. [DKK91] Dabei ist

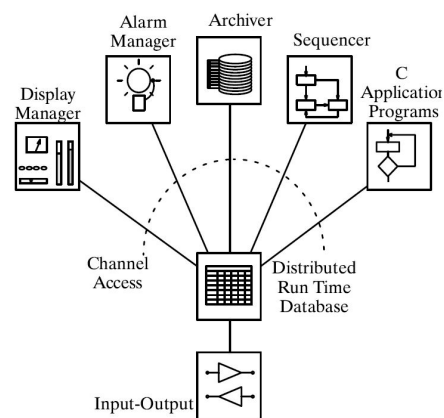


Abbildung 2: Architektur EPICS

besonders zu beachten, dass es sich hierbei um eine verteilte Datenbank handelt. Bei verteilter Datenverarbeitung wird ein Problem in mehrere Aufgaben aufgeteilt, die jeweils von einer oder mehreren Recheneinheiten gelöst werden. [Pat19] Auch hier wird das Kontrollsystem mit der Datenbank auf die verschiedene IOC verteilt, sodass mehrere zehntausend CPUs gleichzeitig für das Kontrollsystem arbeiten können. Deshalb wird das Prozessleistungssystem von EPICS auch wie im Titel der Arbeit als verteiltes Steuerungssystem bezeichnet.

Die in Abb. 2 oben zu sehenden Subsysteme greifen über den Channel Access auf die verteilte Datenbank zu. Ähnlich einer Server-Client Verbindung oder Anwendungen in der IoT werden hier über die Netzwerkprotokolle TCP/IP und UDP/IP Daten übertragen. In dem Subsystem Display Manager können z.B. die Daten aus der Datenbank über einen Channel Access ausgelesen werden und in grafischen Oberflächen für den Nutzer angezeigt werden. [DKK91] Solche grafischen Oberflächen sind z.B. im Kontrollraum für Bessy zu finden.

Vorteilig bei der Verwendung von EPICS ist der minimal erforderliche Programmieraufwand. Das mit EPICS implementierte Prozessleistungssystem muss nur noch an das Großexperiment angepasst und nicht mehr von Grund auf neu entwickelt werden. Die EPICS-Umgebung unterstützt außerdem Systemerweiterungen auf allen Ebenen und ermöglicht der Benutzer:innen andere Systeme zu integrieren oder das System an Bedürfnisse anzupassen. [DHK+94]

Um noch einmal EPICS als Hintergrund dieser Arbeit zusammenzufassen; mit Hilfe von EPICS lassen sich Prozessleistungssysteme erstellen. Anwendungen dieser Systeme unterstützten bei der Datenerfassung, Überwachungskontrolle, Regelung von Geräten und Optimierung während des Betriebes. Mit ihm können die vielen Geräte und Recheneinheiten vernetzt werdend, über Kontrollstrukturen und Feedbacklösungen der Status der Geräte überprüft werden und hohe Datenmengen erfasst und verarbeitet werden. [DHK+94]

Für diese Arbeit ist jedoch nur der IOC von EPICS entscheidend. Das an BESSY II vorhandene Prozessleistungssystem soll um einen weiteren solcher IOC erweitert werden. Zwar ist das nur ein kleiner Teil eines großen Prozessleistungssystems für die Kontrolle eines großen Experiments, aber Wissenschaftler:innen, die mit Hilfe von BESSY II forschen, sind auf einen reibungslosen Betriebsablauf angewiesen um ihre Grundlagenforschungen für die Energiewende durchführen zu können.