7. Fazit und Ausblick

7.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Einen Beitrag dafür zu leisten, dass es besser kommt, als man denkt. Dass es besser kommt, als zu erwarten wäre. So lässt sich Forschung zum Thema Resilienz zusammenfassen. So lässt sich aber auch zivile Sicherheitsforschung verstehen. Und genau darin bestand auch die Motivation für die vorliegende Arbeit. Um das umsetzen zu können, wurde in den vorangegangenen Kapiteln eine interdisziplinäre, sowohl normative als auch system- und komplexitätstheoretische Analyse von Resilienz und Resilience Engineering unternommen, wie es sie in dieser Kombination aus wissenschaftlicher Breite und Tiefe bisher nicht gab. Damit steuert die vorliegende Arbeit zum interdisziplinären Resilienz-Diskurs insgesamt ein eigenständiges Resilienz-Konzept für die zivile SiFo und daraus abgeleitete Hypothesen für Resilience Engineering bei.

Das war nur durch ein systematisches Vorgehen in mehreren, aufeinanderfolgenden Schritten möglich. Zunächst wurden einige wichtige, übergreifende Grundannahmen untersucht und die Genese von Resilienz als Begriff und wissenschaftliches Konzept nachgezeichnet. Anschließend wurde der Stand der Forschung zu Resilienz in der Psychologie, der Ökologie und der sozial-ökologischen Forschung, verschiedenen Bereichen der Sozialwissenschaften, den Organisationswissenschaften sowie den Ingenieurwissenschaften analysiert. Dieser disziplinäre Zugang wurde aus zwei Gründen genutzt. Zum einen konnten insbesondere aus der Darstellung des Stands der Forschung in den Ingenieurwissenschaften und zu einem kleineren Teil den Sozialwissenschaften und den Organisationswissenschaften fünf Forschungslücken ausgemacht werden, zu deren Schließung die vorliegende Arbeit beitragen wollte. Die erste Forschungslücke bestand im Fehlen eines eigenständigen, theoretisch fundierten Resilienz-Konzepts für die zivile SiFo. Als zweite Forschungslücke wurde das häufig reduktionistische, mechanische und Komplexität sowie Unsicherheit ausklammernde Resilienz-Verständnis der Ingenieurwissenschaften ausgemacht. Zumal dort, und das war die dritte Forschungslücke, eine Dominanz von Ansätzen zur Quantifizierung zu beobachten ist, die zulasten einer Konzentration auf Ideen zur konkreten Umsetzung von Resilienz geht. Wo solche Ideen existieren, sind sie zumeist theoretisch nicht hin-

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

reichend fundiert. Auch das stellt eine Forschungslücke dar. Und schließlich schien die bisherige Verwendung des Begriffs Resilience Engineering in der Forschung zu stark mit organisationswissenschaftlichen Inhalten verknüpft. Aus den Forschungslücken heraus konnte wiederum die wissenschaftliche Fragestellung präzisiert werden: Was bedeutet Resilienz als Konzept in der zivilen Sicherheitsforschung und welche Hypothesen ergeben sich daraus für ein ingenieurwissenschaftliches Resilience Engineering?

Zum anderen wurde der disziplinäre Zugang genutzt, um Begrifflichkeiten und dahinterstehende Konzepte zu identifizieren, die für Resilienzforschung in mehreren Disziplinen von Bedeutung sind und die insofern dem interdisziplinären Charakter sowohl von Resilienz als Brückenkonzept als auch der zivilen SiFo entsprechen. Insgesamt wurden zehn derartige Konzepte als Ausgangspunkt für die weitere Analyse gewählt. Im ersten zentralen Teil der Arbeit wurden diese zehn Konzepte dann als sogenannte konzeptionelle Zugänge genutzt, mit deren Hilfe das eigenständige Resilienz-Konzept der zivilen SiFo entwickelt wurde. Dabei ergab sich eine logische Trennung zwischen stärker normativ konnotierten konzeptionellen Zugängen einerseits und stärker deskriptiv-analytischen Zugängen andererseits. Um letztere theoretisch fundiert untersuchen zu können, wurden die soziologische Systemtheorie nach Niklas Luhmann sowie die Theorie komplexer adaptiver Systeme, die einen stärker naturwissenschaftlichen Hintergrund hat, gewählt. Die konzeptionellen Zugänge der normativen Analyse waren Neoliberalismus, Freiheit, Terrorismus und Vertrauen. Die konzeptionellen Zugänge der system- und komplexitätstheoretischen Analyse waren System, Komplexität, Unsicherheit, Vulnerabilität, Anpassungsfähigkeit und Flexibilität. Zu jedem dieser Konzepte erfolgte eine detaillierte Untersuchung, eine Einordnung in den Kontext der zivilen SiFo und eine Ableitung daraus sich ergebender Bestandteile eines eigenständigen Resilienz-Konzepts. Um die Entstehung unverbunden nebeneinanderstehender Bestandteile zu verhindern, bauten die einzelnen Analysen jeweils explizit oder mindestens implizit aufeinander auf. Das Ergebnis der normativen sowie system- und komplexitätstheoretischen Analysen war das Resilienz-Konzept der zivilen SiFo, das aus zwei wesentlichen Teilen besteht. Einerseits einer Reihe von Definitionen für relevante Begrifflichkeiten, ohne die Resilienz nicht verstanden werden kann. Die Begrifflichkeiten waren die folgenden:

- System, Einfache Systeme, Systeme in der zivilen SiFo
- Komplexität, Komplexe adaptive Systeme

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

- Unsicherheit, Risiko, Ungewissheit, Echte Unsicherheit, Unerwartete Ereignisse
- Vulnerabilität
- Anpassungsfähigkeit, Spezialisierte & Generische Anpassungsfähigkeit
- Transformationsfähigkeit, Flexibilität, Lernfähigkeit, Kreativität, Improvisationsfähigkeit
- Neoliberalismus
- Freiheit
- Terrorismus
- Vertrauen, Systemvertrauen

Andererseits wurden aus der normativen sowie system- und komplexitätstheoretischen Analyse heraus die eigentlichen Bestandteile des Resilienz-Konzepts herausgearbeitet. Dabei stellte es sich als durchaus herausfordernd dar, diese Bestandteile in eine systematische Ordnung zu bringen. Der gewählte Lösungsweg war die Darstellung des Resilienz-Konzepts anhand von insgesamt sieben Leitfragen. Die Leitfragen lauteten:

- Was für eine Art Konzept ist Resilienz?
- Wann wird Resilienz benötigt?
- Welche Bedingungen sind aus system- und komplexitätstheoretischer Sicht notwendig für Resilienz?
- Worin besteht Resilienz aus system- und komplexitätstheoretischer Sicht?
- Worauf gilt es bei Resilienz im Rahmen der zivilen SiFo aus normativer Sicht zu achten?
- Worin besteht Resilienz aus normativer Sicht?
- Worin besteht Resilienz aus normativer Sicht nicht?

Auf Grundlage der Antworten auf die Leitfragen bestand der zweite zentrale Teil der Arbeit daraufhin in der Entwicklung von Hypothesen für Resilience Engineering im Sinne ingenieurwissenschaftlicher Resilienzforschung in der zivilen SiFo. Insgesamt konnten 37 Hypothesen gebildet werden, mit deren Hilfe Resilience Engineering deutlich konkretisiert wurde. Alle Hypothesen beruhen auf einer kombinierten Analyse der mithilfe von Leitfragen geordneten Bestandteile des Resilienz-Konzepts der zivilen SiFo sowie weiteren, aktuellen Erkenntnissen ingenieurwissenschaftlicher Resilienzforschung. Die normativen Leitfragen wurden zu einem Themenkomplex zusammengefasst, so dass letztlich fünf Themenkomplexe die Hypothesen ordneten. Die fünf Themenkomplexe werden nun in etwas erweiterter Weise auch dazu genutzt, die zentralen Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit in systematisch gekoppelter Weise darzustellen. Zu jedem Themenkomplex gibt es auf der einen Seite relevante Bestandteile des

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz-Konzepts der zivilen SiFo und auf der anderen Seite zugehörige Hypothesen für Resilience Engineering. Die Themenkomplexe lauten:

- Art des Konzepts
- Notwendigkeit für Resilienz und Resilience Engineering
- Notwendige Bedingungen für Resilienz und Resilience Engineering
- Resilienz und Resilience Engineering aus system- und komplexitätstheoretischer Sicht
- Normative Aspekte von Resilienz und Resilience Engineering

Tabelle 3: Art des Konzepts

Resilienz	*Resilience Engineering*
Resilienz ist ein systemtheoretisches Konzept.	*Hypothese H2:* Resilienz ist ein qualitatives weil komplexes Konzept, dessen ingenieurwissenschaftliche Umsetzung dies explizit zu berücksichtigen hat. *Hypothese H3:* Es ist nicht möglich, die Resilienz der für die zivile SiFo relevanten, komplexen adaptiven, sozio-technischen Systeme mittels einfacher Maße zu quantifizieren. Nichtsdestoweniger werden Maße für einfacher zu erhebende Größen benötigt, um den Systemzustand einschätzen und Resilienz erhöhen zu können. *Hypothese H4:* Die bewusste und transparente Definition von Systemgrenzen als analytisches Instrument ist eine Voraussetzung für Resilience Engineering.
Sozio-technische Systeme sind die Träger von Resilienz.	*Hypothese H5:* Dass die für die zivile SiFo relevanten Systeme sozio-technisch zu verstehen sind, macht es für Resilience Engineering notwendig, Menschen und menschliches Verhalten explizit mit zu berücksichtigen.
Resilienz ist eine Nicht-Selbstverständlichkeit, sie ist nicht erwartbar.	
Resilienz ist nicht das Gegenteil von Vulnerabilität. Die beiden Konzepte sind unabhängig voneinander. Größere Resilienz führt nicht notwendigerweise zu im Zeitverlauf sinkender Vulnerabilität.	
Resilienz ist kein neoliberales Paradigma.	
Resilienz ist nicht notwendigerweise normativ wünschenswert.	

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Tabelle 4: Notwendigkeit für Resilienz und Resilience Engineering

Resilienz	*Resilience Engineering*
Das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein von Resilienz lässt sich nur beobachten, wenn Systeme von einem disruptiven, in der Systemumwelt verorteten, gravierenden und häufig extrem unwahrscheinlichen Reiz (bzw. Ereignis) getroffen werden. Der Theorie komplexer adaptiver Systeme folgend, wird die Welt immer komplexer. Je komplexer die Welt, desto wahrscheinlicher wird das Auftreten eigentlich extrem unwahrscheinlicher, disruptiver Ereignisse. Die steigende Komplexität der Welt macht deshalb Resilienz als Eigenschaft komplexer adaptiver Systeme immer notwendiger. Neben Ereignissen, die aus der Systemumwelt resultieren, müssen komplexe adaptive Systeme auch mit dem Auftreten unsicherer interner, durch die Entscheidungen von Agenten ausgelöster, von diesen unintendierter oder intendierter Störungen umgehen können. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens solcher Störungen sowie ihre potentiellen Auswirkungen steigen mit der Eigenkomplexität der Systeme. Denn zum einen können Agenten die Konsequenzen ihrer eigenen Handlungen mit zunehmender Komplexität schlechter überblicken, was die Wahrscheinlichkeit für Unfälle steigert. Zudem steigt mit der Diversität des Systems die Wahrscheinlichkeit, dass Agenten auftreten, deren Ziele konträr zu denen des Systems laufen. Zum anderen erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Kaskadeneffekten, die beim Eintreten widriger Ereignisse zu großflächigen und häufig langfristigen Schäden am System führen. Um diese verhindern zu können, benötigt das System Resilienz. Auch die steigende Eigenkomplexität komplexer adaptiver Systeme macht Resilienz als Systemeigenschaft also immer notwendiger.	*Hypothese H6:* Prävention und präventive Maßnahmen sind kein Bestandteil von Resilience Engineering. *Hypothese H7:* Resilience Engineering erfolgt bereits vor dem Eintreten eines disruptiven Ereignisses und trägt zur Erhöhung von Resilienz in den Phasen prepare, protect, respond und recover bei.

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz	*Resilience Engineering*
Um Risiken zu bewältigen, benötigen Systeme keine Resilienz. Das Ereignis an sich, die Wahrscheinlichkeit seines Auftretens und seine Auswirkungen auf das System sind bekannt, so dass spezifische Maßnahmen zum Umgang mit dem Risiko ausreichen.	*Hypothese H8:* Die quantitative Risikoanalyse und ähnliche, linear und deterministisch arbeitende Methoden sind nicht dazu geeignet, zu Resilience Engineering beizutragen. *Hypothese H9:* Die Entwicklung bedrohungsspezifischer Schutzmaßnahmen ist kein Teil von Resilience Engineering.
Es gibt Risiken, die komplexe adaptive Systeme ganz bewusst eingehen, weil ihre Eintrittswahrscheinlichkeit extrem gering ist, aber gleichzeitig die Auswirkungen so groß, dass die Ausbildung spezialisierter Anpassungsfähigkeit sehr viele Ressourcen in Anspruch nehmen würde. Zur Bewältigung von Risiken, für die komplexe adaptive Systeme keine spezialisierte Anpassungsfähigkeit entwickeln und die ihre Belastungsgrenzen übersteigen, ist Resilienz notwendig.	*Hypothese H10:* Risiken mit extrem geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten und extrem großen Auswirkungen können und sollten durch Resilience Engineering adressiert werden, da spezifische Vorbereitung aufgrund der Kostenintensität zumeist unterbleibt.
In komplexen adaptiven Systemen besteht die Möglichkeit, dass unerwartete Ereignisse mit gravierenden Auswirkungen, sogenannte schwarze Schwäne bzw. beispiellose Ereignisse auftreten. Zur Bewältigung solcher ungewissen und echt unsicheren Ereignisse, welche die Belastungsgrenzen komplexer adaptiver Systeme übersteigen, benötigen diese Resilienz.	*Hypothese H11:* Aufgrund der Unsicherheit von Ereignissen besteht ingenieurwissenschaftliche Resilienzforschung wesentlich aus der Entwicklung heuristischer generischer Prinzipien.
Um mit langfristigen Veränderungsprozessen erfolgreich umgehen zu können, benötigen komplexe adaptive Systeme keine Resilienz. Erst wenn die langfristigen Prozesse durch Erreichen eines Schwellenwertes ein unerwartetes und die Belastungs-	*Hypothese H12:* Die Theorie komplexer adaptiver Systeme und die daraus entwickelten mathematischen Modelle und Methoden können als Teil von Resilience Engineering genutzt

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz	*Resilience Engineering*
grenzen des Systems überschreitendes Ereignis auslösen, wird Resilienz notwendig.	werden, um Umkipp-Punkte oder Schwellenwerte zu identifizieren.
Je höher die Vulnerabilität eines komplexen adaptiven Systems, desto wahrscheinlicher und stärker übersteigen widrige Ereignisse die eigentlichen Belastungsgrenzen des Systems, bzw. desto stärker weicht das System initial von seinem eigentlich erwartbaren Entwicklungspfad ab, und desto größer muss ceteris paribus seine Resilienz sein, um erfolgreich mit dem Ereignis umgehen zu können.	*Hypothese H13:* Die Nutzung geeigneter, etablierter Indikatoren zur Messung von Vulnerabilität ist Teil von Resilience Engineering und kann dazu genutzt werden, Systeme zu identifizieren, deren Resilienz besonders dringend erhöht werden sollte.

Tabelle 5: Notwendige Bedingungen für Resilienz und Resilience Engineering

Resilienz	*Resilience Engineering*
Einfache Systeme reagieren in deterministischer Weise auf Belastungen. Übersteigen diese die Grenzen ihrer Belastbarkeit, bricht das System zusammen. Es kann nicht mehr auf einen neuen Entwicklungspfad umschwenken, auch nicht auf einen mit verminderter Systemleistung. Dazu sind nur komplexe Systeme aufgrund ihrer Anpassungsfähigkeit in der Lage. Resilienz drückt sich durch das Betreten neuer Entwicklungspfade aus, obwohl die eigentlichen Belastungsgrenzen des Systems überstiegen werden. Die Komplexität von Systemen ist also eine notwendige Bedingung für Resilienz. A priori ist unklar, welchen Effekt steigende Komplexität auf das Ausmaß der im System vorhandenen bzw. auftretenden Resilienz hat. Steigende Komplexität kann sowohl zu mehr als auch zu weniger Resilienz führen.	*Hypothese H14:* Die Reduktion von Komplexität ist als Prinzip kein geeigneter Bestandteil von Resilience Engineering.

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

<table>
<tr><th>Resilienz</th><th colspan="2">Resilience Engineering</th></tr>
<tr><td>Das Vorhandensein von Anpassungsfähigkeit ist eine zwingende Grundvoraussetzung für Resilienz. Aber Resilienz ist nicht gleichbedeutend mit Anpassungsfähigkeit. Resilienz ist auch nicht gleichbedeutend mit generischer Anpassungsfähigkeit.</td><td colspan="2">Hypothese H15: Resilience Engineering besteht in der Erforschung und Entwicklung von Prinzipien, welche die generische Anpassungsfähigkeit komplexer adaptiver Systeme auf technologische Weise zu erhöhen vermögen.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Transformationsfähigkeit ist kein notwendiger Bestandteil von Resilienz. Allerdings erhöht das Vorhandensein von Transformationsfähigkeit – verstanden als besonders ausgeprägte Form generischer Anpassungsfähigkeit – ceteris paribus die Resilienz komplexer adaptiver Systeme.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Je flexibler komplexe adaptive Systeme sind, desto größer ist ihre Resilienz.</td></tr>
<tr><td>Lernfähigkeit ist eine notwendige Grundvoraussetzung für Resilienz.</td><td colspan="2">Hypothese H16: Die Theorie komplexer adaptiver Systeme und die daraus entwickelten mathematischen Modelle und Methoden können als Teil von Resilience Engineering genutzt werden, um Hebelpunkte zu identifizieren und durch deren Anwendung positive Kaskadeneffekte zu realisieren.
Hypothese H17: Die Entwicklung spezifischer Frühwarnsysteme ist kein Teil von Resilience Engineering.
Hypothese H18: Mithilfe realitätsnaher Notfallübungen können Systembestandteile identifiziert werden, die mittels Resilience Engineering optimiert werden sollten.
Hypothese H19: Durch die Verwendung realitätsnaher Modelle zur Simulation des Verhaltens komplexer adaptiver Systeme im Ausnahmefall in Notfallübungen kann Resilience Engineering dazu beitragen, die generischen Kompetenzen der handelnden Personen zu erhöhen und so die Resilienz des Gesamtsystems zu steigern.</td></tr>
</table>

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Tabelle 6: Resilienz und Resilience Engineering aus system- und komplexitätstheoretischer Sicht

Resilienz	*Resilience Engineering*
Resilienz liegt dann vor, wenn ein System auf einen sehr unwahrscheinlichen Reiz (bzw. Ereignis) aus der Umwelt oder seinem Inneren, der das System initial auf einen Entwicklungspfad mit stark verminderter Systemleistung bringt, mit der Realisierung eines Prozesses eigentlich extrem unerwartbarer Anschlussmöglichkeiten reagiert, um anschließend auf einen so realisierbar gewordenen, neuen Entwicklungspfad erwartbarer Anschlussmöglichkeiten einzuschwenken, der sich durch eine (mindestens) vergleichbare Systemleistung auszeichnet, wie sie vor Eintritt des Ereignisses vorlag.	*Hypothese H20:* Nachdem die Systemgrenzen definiert wurden, bedeutet Resilience Engineering im nächsten Schritt, die kritischen Funktionalitäten der untersuchten Systeme zu identifizieren. *Hypothese H21:* Ein Design, das Systemen ein elegantes Abschmelzen kritischer Funktionalitäten ermöglicht, trägt zur Resilienz von Systemen bei und sollte insofern Ziel ingenieurwissenschaftlicher Resilienzforschung sein.
In komplexen adaptiven Systemen muss zwischen spezialisierter und generischer Anpassungsfähigkeit unterschieden werden. Die Resilienz eines komplexen adaptiven Systems nimmt bei steigender Komplexität genau dann zu, wenn die generische Anpassungsfähigkeit des Systems steigt. Resilienz zeigt sich in der Fähigkeit komplexer adaptiver Systeme, mittels generischer Anpassungsfähig-	*Hypothese H22:* Modularität, verstanden als Aufteilung eines Systems in funktional eigenständige Einheiten, bestehend aus einer Reihe stark miteinander vernetzter Agenten, die nur lose Kopplungen mit den anderen Einheiten des Systems aufweisen, ist ein geeignetes Designprinzip, um komplexe adaptive Systeme resilient zu gestalten. *Hypothese H23:* Dezentralität, verstanden als Vermeidung des Auftretens hochkritischer Systemkomponenten bzw. hochspezialisierter Agenten, bei deren Ausfall das gesamte System unweigerlich zusammenbricht, ist ein geeignetes Designprinzip, um komplexe adaptive Systeme resilient zu gestalten. *Hypothese H24:* Die Resilienz kritischer Netz-Infrastrukturen kann durch den Aufbau vermaschter Netze erhöht werden.

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz	*Resilience Engineering*
keit extrem unwahrscheinliche oder unerwartete, ihre eigentlichen Belastungsgrenzen übersteigende Ereignisse so zu bewältigen, dass sie ihre Systemleistung möglichst aufrechterhalten und langfristig sichern können.	*Hypothese H25:* Um skalenfreie Netzwerke, wie sie für kritische Infrastrukturen teilweise typisch sind, resilient zu gestalten, müssen deren besonders relevante Elemente identifiziert und mittels geeigneter Prinzipien wie Redundanz und Diversität optimiert werden. *Hypothese H26:* Mithilfe agentenbasierter Modellierung kann die Funktionsweise komplexer adaptiver Systeme auch im stochastisch bestimmten extremen Ausnahmefall verstanden und so aufgezeigt werden, wie Resilience Engineering die Resilienz dieser Systeme beeinflusst. *Hypothese H27:* Methoden zur agentenbasierten Modellierung weiterzuentwickeln, ist Bestandteil von Resilience Engineering. *Hypothese H28:* Modulare Modellierung, verstanden als systemische Kombination unterschiedlicher Methoden zur Modellierung komplexer adaptiver Systeme, ist ein Bestandteil von Resilience Engineering. *Hypothese H29:* Die Beantwortung der Frage danach, wie KI-basierte Lösungen zur Erhöhung der Resilienz der für die zivile SiFo relevanten sozio-technischen Systeme beitragen können, ist Teil ingenieurwissenschaftlicher Resilienzforschung. *Hypothese H30:* Resilience Engineering lässt sich in komplexen adaptiven, sozio-technischen Systemen auch ohne den Einsatz künstlicher Intelligenz umsetzen.
Diversität und Redundanz sind Prinzipien zur Erhöhung generischer Anpassungsfähigkeit in komplexen adaptiven Systemen. Diversität besteht in einer möglichst unterschiedlichen Reaktion funktional gleicher Agenten auf extrem unwahrscheinliche oder unerwartete Veränderungen. Je größer die Diversität innerhalb funktional äquivalenter	*Hypothese H31:* Diversität, verstanden als Vorhandensein funktional äquivalenter Gruppen, zusammengesetzt aus möglichst verschiedenartigen Agenten, ist ein geeignetes Designprinzip, um komplexe ad-

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz	*Resilience Engineering*
Gruppen komplexer adaptiver Systeme, desto größer ist ihre generische Anpassungsfähigkeit.	aptive Systeme resilient zu gestalten.
Skalenübergreifende Redundanz bedeutet das Vorhandensein funktional äquivalenter Systemelemente, die sich in ihrer Abhängigkeit von unterschiedlichen widrigen Ereignissen unterscheiden. Je mehr skalenübergreifende Redundanzen vorhanden sind, desto größer ist die generische Anpassungsfähigkeit komplexer adaptiver Systeme.	*Hypothese H32:* Physische und funktionale Redundanz, verstanden als das zusätzliche Vorhandensein für die Funktionsfähigkeit im Normalfall nicht benötigter, entweder physisch oder funktional gleicher Systemkomponenten, sind geeignete Designprinzipien, um komplexe adaptive Systeme resilient zu gestalten.

Tabelle 7: Normative Aspekte von Resilienz und Resilience Engineering

Resilienz	*Resilience Engineering*
Die Erhöhung der Resilienz eines Systems ist genau dann normativ wünschenswert, wenn die zugrundeliegende Identität des Systems normativ wünschenswert ist. Ob Lösungen zur Erhöhung der Resilienz eines Systems erforscht und entwickelt werden sollten, hängt von vorgelagerten gesellschaftlichen und politischen Aushandlungsprozessen zur normativen Erwünschtheit des Systems ab. Selbst, wenn ein System grundsätzlich normativ wünschenswert ist, gilt es bei der Entwicklung von Strategien zur Erhöhung seiner Resilienz darauf zu achten, dass möglicherweise bestehende Ungerechtigkeiten nicht perpetuiert oder sogar verstärkt werden. Lösungen zur Erhöhung der Resilienz eines Systems müssen einer Proportionalität im Hinblick auf das angemessene Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen entsprechen, über deren Ausge-	*Hypothese H33:* Resilience Engineering zeichnet sich durch eine Kombination aus Technologiefokus einerseits und der Berücksichtigung und konsequenten Einbeziehung sozialwissenschaftlich vermittelter normativer Aspekte andererseits aus.

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz	*Resilience Engineering*
staltung ebenfalls in vorgelagerten gesellschaftlichen und politischen Aushandlungsprozessen entschieden werden muss. Resilienz lässt sich normativ als starkdemokratische Sicherheit verstehen. Mit „starkdemokratisch“ sind dabei nach Barber Strukturen gemeint, die eine aktive, transparente und partizipative Rolle von Bürgern bei gesellschaftlichen und politischen Aushandlungsprozessen bzgl. der normativen Erwünschtheit relevanter Systeme ermöglichen. Politikwissenschaftlich gesprochen besteht Resilienz dann normativ in einer durch Verantwortungsannahme aktiver Bürger möglich werdenden Aufrechterhaltung gesellschaftlicher Freiheiten bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit. Resilienz besteht nicht darin, aufgrund der Unsicherheit künftiger Ereignisse eine Strategie der Vorsicht im Sinne vorbeugender Freiheitseinschränkung anzuwenden. Resilienz besteht nicht darin, aufgrund der Unsicherheit künftiger Ereignisse eine Strategie der Präemption im Sinne der Aushöhlung von Freiheit durch aktivistische Maßnahmen anzuwenden.	
Auch Systeme, deren zugrundeliegende Identität sich durch unfreie Strukturen auszeichnet, scheinen in der Lage zu sein, Resilienz gegenüber disruptiven Ereignissen auszubilden.	*Hypothese H34:* Dass die Ergebnisse von Resilience Engineering sich auch in Gesellschaften anwenden lassen, deren innere Strukturen durch Unfreiheit gekennzeichnet sind, lässt sich ingenieurwissenschaftlich nicht ausschließen, führt aber auch in solchen Gesellschaften grundsätzlich zunächst zu einer wünschenswerten Verringerung menschlichen Leids.
Eine unreflektierte Übernahme des Resilienz-Begriffs birgt die Gefahr, diesen als neoliberales Paradigma einer Verantwortungsverlagerung vom Staat auf den einzelnen Bürger	*Hypothese H35:* Resilience Engineering besteht auch darin, Verantwortlichen und Betroffenen

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz	*Resilience Engineering*
misszuverstehen. Die Verwendung des Resilienz-Konzepts in der zivilen Sicherheitsforschung darf nicht dazu führen, dass von widrigen Ereignissen betroffenen Personen und Gruppen die Verantwortung für erlittene Schäden zugeschrieben wird.	mithilfe technologischer und sozio-technischer Lösungen dabei zu helfen, ihre generische Anpassungsfähigkeit zu erhöhen.
Strategien zur Erhöhung der Resilienz der für die zivile SiFo relevanten sozio-technischen Systeme müssen als Angebote formuliert werden, die für die Gesellschaft einen klaren, über ohnehin erfolgende Maßnahmen des Bevölkerungsschutzes und der Katastrophenhilfe hinausgehenden, Mehrwert haben.	*Hypothese H36:* Resilience Engineering umfasst eine Informationsfunktion, die darin besteht, allgemein verständliches Wissen über die Funktionsweise technologischer Lösungen zur Erhöhung von Resilienz zu entwickeln, mit dessen Hilfe gesellschaftliche Akteure informierte Entscheidungen über deren Anwendung treffen können.
Vertrautheit als Orientierung am Gewesenen und Bekannten ist kein Mechanismus zur Erhöhung der Resilienz der für die zivile SiFo relevanten, komplexen adaptiven sozio-technischen Systeme. Je größer die Resilienz eines komplexen adaptiven Systems ist, desto größer ist das ihm entgegengebrachte Systemvertrauen. Gleichzeitig gilt: Je stärker das Systemvertrauen ausgeprägt ist, desto größer ist die Resilienz des Systems. Strategien zur Erhöhung der Resilienz der für die zivile SiFo relevanten sozio-technischen Systeme müssen so ausgestaltet sein, dass sie sich positiv zumindest aber nicht negativ auf das Vertrauen in die zuverlässige Funktionalität der jeweiligen Systeme auch und gerade im Fall des Eintretens extrem unwahrscheinlicher und unerwarteter, die eigentlichen Belastungsgrenzen der Systeme übersteigender disruptiver Ereignisse, auswirken.	*Hypothese H37:* Durch Transparenz in der Kommunikation im Hinblick auf durch Komplexität und Unsicherheit bedingte Grenzen des Wissens und des Wissbarens kann Resilience Engineering Vertrauen schaffen und aufrechterhalten.
Resilienz ist ein post-neoliberales Paradigma. Denn Resilienz geht aufgrund der Komplexität von Systemen von der grundsätzlichen Unvorhersehbarkeit der Auswirkungen zielgerichteter, proaktiver Interventionen im System aus. Daher muss der Fokus auf der Maximierung von	

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

Resilienz	*Resilience Engineering*
Reflexivität und (generischer) Anpassungsfähigkeit liegen, die dem System eine kontinuierliche und dynamische Weiterentwicklung – auch durch staatliches Handeln – im Fall des Eintretens von Problemen ermöglichen.	
Resilienz besteht darin, aufgrund der Unsicherheit künftiger Ereignisse eine Strategie der Vorbereitung im Sinne der Maximierung von Störungsverarbeitungskapazitäten anzuwenden, unter gleichzeitiger Beibehaltung gesellschaftlicher Freiheiten.	
Resilienz besteht nicht darin, aufgrund der Unsicherheit künftiger Ereignisse eine Strategie der maximalen physischen Robustheit der betreffenden Systeme anzuwenden.	
Die Resilienz der Gesellschaft gegenüber der Bedrohung durch das Phänomen des Terrorismus lässt sich nicht mithilfe rein physischer Schutzmaßnahmen erhöhen.	

7.2. *Offene Fragestellungen und Kritik*

Die vorliegende Arbeit konnte einen Beitrag zur Adressierung einer Reihe von Forschungslücken im Bereich der zivilen SiFo und ingenieurwissenschaftlicher Resilienzforschung leisten. Dabei wurde auch die grundlegende wissenschaftliche Fragestellung beantwortet. Im Gesamtkontext dieser beiden Bereiche bleiben jedoch weiterhin eine Vielzahl an offenen Fragestellungen zu deren Beantwortung weitere Forschung notwendig ist. Nicht zuletzt hat die vorliegende Arbeit selbst eine Reihe von neuen Fragen aufgeworfen, die sich stellen, wenn das Resilienz-Konzept der zivilen SiFo und die Hypothesen für Resilience Engineering kritisch betrachtet werden. Auf mögliche Grenzen von Resilienz und Resilience Engineering wurde in den entsprechenden Unterkapiteln bereits detaillierter eingegangen, so dass diese Kritik nun hier nur noch einmal überblicksartig zusammengefasst werden soll.

Resilienz und Grenzen: Dieser erste Kritikpunkt bezieht sich darauf, dass auch sehr resiliente Systeme nicht mit jedem beliebigen Ereignis fertig werden können. Zwar ist theoretisch nicht bestimmbar, wo diese Grenzen liegen. Es lassen sich aber Beispiel finden – Invasion Außerirdischer, Einschlag eines großen Meteoriten, etc. – bei denen jedes noch so resiliente System notwendig versagen muss. Denn die pure Weiterexistenz der Spezi-

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

es Mensch ist definitionsgemäß in der vorliegenden Arbeit kein Ausweis von Resilienz.

Resilienz und Risiko: Resilienz als Konzept und Resilience Engineering als ingenieurwissenschaftliche Umsetzung sind nicht dazu geeignet und sollen auch nicht dazu dienen, etablierte Methoden wie etwa Risikomanagement oder klassische Schutzmaßnahmen zu ersetzen. Vielmehr sind sie eine Erweiterung der Möglichkeiten ziviler SiFo, um auch mit extrem unwahrscheinlichen oder unerwarteten, die eigentlichen Belastungsgrenzen des Systems übersteigenden disruptiven Ereignissen erfolgreich umgehen zu können. Indem sie Komplexität und Unsicherheit explizit berücksichtigen, unterscheiden sich Resilienz und Resilience Engineering deutlich von anderen Strategien im Bereich der zivilen SiFo.

Resilienz und Effizienz: Um die Resilienz komplexer adaptiver Systeme zu erhöhen, bedarf es des Einsatzes knapper Ressourcen. Oder einfacher gesagt: Resilienz kostet Geld. Und Ressourcen können immer nur einmal eingesetzt werden. Mit Blick auf Resilienz-Prinzipien wie Redundanz und Diversität wird ein Zielkonflikt zwischen maximaler Effizienz einerseits und Erhöhung von Resilienz andererseits deutlich. Es ist nach wie vor ungeklärt, wie eine optimale Balance zwischen den beiden Zielen erreicht werden könnte bzw. ob es eine solche überhaupt geben kann. Die Entscheidungen darüber, in Resilienz zu investieren oder nicht, sind letztlich nur in gesellschaftlichen und politischen Aushandlungsprozessen zu treffen.

Resilienz und Mythen: Überspitzt formuliert, stellt die vorliegende Arbeit ein exzellentes Beispiel dafür da, wie Wissenschaft dazu tendiert, großen Aufwand zu treiben, um dem Auftreten komplett überraschender, unerwarteter Ereignisse retrospektiv einen Sinn zu verleihen. Wenn Menschen oder Systeme es schaffen, sich solchen Ereignissen erfolgreich anzupassen, daraus zu lernen und langfristig sogar gestärkt daraus hervorzugehen, muss mehr dahinterstecken, als purer Zufall. Und dieses mehr wird als Resilienz bezeichnet. Obschon die vorliegende Arbeit ihr Resilienz-Konzept in systematischer Weise entwickelt, lässt sich diese konstruktivistische Kritik an Resilienz nicht gänzlich von der Hand weisen.

Resilienz und Zielkonflikte: Das Resilienz-Konzept der vorliegenden Arbeit ist selbst komplex. Es besteht aus einer Vielzahl normativer sowie system- und komplexitätstheoretischer Annahmen, die erst gemeinsam Resilienz ausmachen. In diesem Sinne ist es tatsächlich systemisch. Allerdings lassen sich deshalb innerhalb des Konzepts Zielkonflikte zwischen verschiedenen Bestandteilen nicht a priori und rein aus der Theorie heraus ausschließen. Das gilt auch und vor allem für Zielkonflikte zwischen den

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

normativen Aspekten des Konzepts auf der einen Seite und den system- und komplexitätstheoretischen Annahmen auf der anderen Seite. Dieser Kritik muss sich die vorliegende Arbeit stellen.

Resilience Engineering und Unsicherheit: Die Nichtlinearität von Ursache und Wirkung ist ein charakteristisches Zeichen komplexer adaptiver Systeme. Aufgrund von Feedbackschleifen und der starken Vernetzung der Agenten untereinander, lässt sich nicht deterministisch festlegen, wie die Anwendung und Einführung bestimmter technologischer oder sonstiger Maßnahmen und Ideen auf das System wirkt. Nicht-intendierte Nebenfolgen oder sogar eine kontraintuitive Wirkung lassen sich nicht ausschließen. Dieser Herausforderung kann Resilience Engineering auch nicht durch die Verwendung von Methoden zur Modellierung und Simulation komplexer Systeme entgehen. Sie sollte vielmehr explizit mittels der Informationsfunktion adressiert werden.

Resilience Engineering und technischer Fortschritt: Die zunehmende Komplexität der Gesellschaft resultiert zu großen Teilen aus der Entwicklung moderner und innovativer Technologien, insbesondere im Zuge der Digitalisierung. Zunehmende Komplexität und wachsende Unsicherheit machen wiederum Resilienz immer notwendiger, wie die system- und komplexitätstheoretische Analyse gezeigt hat. Resilience Engineering sieht sich demzufolge durchaus der Kritik ausgesetzt, dass Probleme, die durch Technologie erst verursacht werden, durch mehr Technologie gelöst werden sollen. Dieser „technological fix“ wird auch und gerade aus sozialwissenschaftlicher Sicht kritisiert, weshalb die vorliegende Arbeit Resilience Engineering auch in den größeren Kontext von Resilienz für die zivile SiFo einordnet.

Resilience Engineering und Entscheidungen: Wieviel Redundanz ist eigentlich genug Redundanz? Ist die Diversität eines Systems wichtiger als seine Modularität? Sollten begrenzte Ressourcen eher in die Entwicklung fortschrittlicher Methoden zur Modellierung und Simulation komplexer Systeme oder eine dezentrale Ausgestaltung konkreter Systeme investiert werden? All diese Fragen lassen sich mithilfe der 37 Hypothesen für Resilience Engineering nicht beantworten. Es bleibt theoretisch ungeklärt, wie stark die Umsetzung bestimmter Hypothesen zu Resilienz beiträgt und welche insofern besonders wichtig – oder aber zu vernachlässigen – sind. Hier besteht weiterhin eine Forschungslücke und zwar nicht nur als Resultat der vorliegenden Arbeit, sondern ganz generell im Bereich der ingenieurwissenschaftlichen Resilienzforschung.

Resilience Engineering und Sozialwissenschaften: Vonseiten der Ingenieurwissenschaften ließe sich der Ansatz der vorliegenden Arbeit grundsätzlich

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

kritisieren. Denn die Hypothesen für Resilience Engineering bestehen nicht aus konkreten mathematischen oder ingenieurwissenschaftlichen Modellen und Methoden, die direkt anwendbar sind. Vielmehr sind die Hypothesen selbst qualitativ und ein Stück weit komplex. Für Ingenieurwissenschaften auf den ersten Blick zu unkonkret und vage. Den Vorwurf einer nur begrenzten Nützlichkeit ihrer Ergebnisse für ingenieurwissenschaftliche Resilienzforschung kann die vorliegende Arbeit letztlich nicht gänzlich entkräften. Nichtsdestoweniger unternimmt sie den Versuch, für den Bereich der zivilen Sicherheitsforschung zum Dialog zwischen sozialwissenschaftlicher und ingenieurwissenschaftlicher Resilienzforschung beizutragen.

7.3. Interdisziplinär-forschungsleitender Ausblick

Es bleibt viel zu tun. Das gilt für die zivile SiFo genauso wie für die Resilienzforschung. Und das gilt für die Arbeit an und mit Resilienz als theoretischem Konzept genauso wie für die Entwicklung anwendbarer und umsetzbarer Lösungen zur Erhöhung der Resilienz gesellschaftlich relevanter Systeme, wie sie etwa durch Resilience Engineering gelingen soll. Die Kritik, die an den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit geübt werden kann und die offenen Fragestellungen, die sie nicht beantworten konnte oder sogar neu aufgeworfen hat, sind gleichzeitig die Ausgangsbasis für neue Forschungsansätze. Bevor also die Arbeit mit einem finalen Fazit ihr Ende findet, sollen noch einige mögliche Themen kurz andiskutiert werden, an denen in Zukunft geforscht werden könnte. Dem interdisziplinären Anspruch soll auch hier Genüge getan werden, indem sowohl stärker sozialwissenschaftlich geprägte Fragen aufgeworfen werden, als auch stärker ingenieurwissenschaftlich geprägte Fragen – und nicht zuletzt natürlich auf Themen hingewiesen wird, die sich nur durch eine Kooperation unterschiedlicher Disziplinen sinnvoll bearbeiten lassen. Dabei beanspruchen die folgenden Ausführungen keinesfalls irgendeine Art der Vollständigkeit, sondern dienen vielmehr als Schlaglichter, um die große Zahl möglicher Forschungsthemen zu illustrieren, die sich aus dem eigenständigen Resilienz-Konzept der zivilen SiFo und den 37 Hypothesen für Resilience Engineering ergeben. Es ließe sich sogar formulieren, dass eine tiefergehende, systematische Analyse des Konzepts und der Hypothesen im Hinblick darauf, welche offenen Fragestellungen sich darin noch verbergen, bereits selbst ein erstes Forschungsthema darstellt. Beide, Konzept wie Hypothesen, sind voraussetzungsreich und in ihrer Gesamtheit jeweils

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

wesentlich von Grundannahmen abhängig, die sich durchaus auch anders formulieren ließen. Etwa aus einem anderen Theoriegebäude als der soziologischen Systemtheorie und der Theorie komplexer adaptiver Systeme heraus. Oder durch eine stärkere Betonung anderer Resilienzforschungstraditionen als der ökologischen und sozial-ökologischen, an denen sich die vorliegende Arbeit stark orientiert hat. Inwiefern daraus Ergebnisse folgen würden, die konsistent mit dem Resilienz-Konzept der zivilen SiFo und den 37 Hypothesen für Resilience Engineering wären, kann a priori nicht beantwortet werden und stellt insofern eine interessante Forschungsfrage dar.

Ein ganzer Komplex an unbeantworteten Fragen ergibt sich aus den beiden geschilderten Kritikpunkten hinsichtlich Zielkonflikten und Entscheidungen. Für das Resilienz-Konzept der zivilen SiFo ließe sich untersuchen, inwiefern seine einzelnen Bestandteile in sich und untereinander widerspruchsfrei sind. Größtmögliche Konsistenz war zwar der grundlegende Anspruch der vorliegenden Arbeit. Diese kann jedoch für ein derart komplexes Konzept nicht garantiert werden und bedarf zusätzlicher Untersuchungen. Das gilt in noch stärkerem Maße für die Frage nach der Bedeutung, nach dem Gewicht einzelner Hypothesen im Gesamtkontext Resilience Engineering. Auf diesen Aspekt wurde bereits in der Kritik verwiesen. Hier existiert eine Vielzahl an Fragestellungen, was das Verhältnis der einzelnen Hypothesen untereinander angeht. Und insbesondere was den Beitrag der einzelnen Prinzipien Redundanz, Diversität, Modularität und Dezentralität angeht. Wie von Goessling-Reisemann und Thier in einer aktuellen Publikation betont, sind diese Fragen generell noch unbeantwortet (Goessling-Reisemann/Thier 2019: 132f). Es ist zudem unklar, ob sie sich überhaupt generisch beantworten lassen oder aber – aufgrund der Komplexität der Systeme, in denen sie zur Anwendung kommen sollen – nur spezifisch erfassbar sind. Diese Frage ist durchaus auch empirisch zu verstehen. Hier werden systematische, vergleichende Analysen unterschiedlicher, realer, komplexer adaptiver Systeme benötigt. Diese, wie auch darüber hinaus gehende Analysen der weiteren Hypothesen, lassen sich nicht disziplinär umsetzen. Sie erfordern interdisziplinäre Zusammenarbeit, für die die vorliegende Arbeit die Basis für ein gemeinsames Grundverständnis der Untersuchungsgegenstände zu schaffen versucht hat.

Gerade für die normativen Aspekte von Resilienz stellen sich aber auch Fragen, die primär sozialwissenschaftlich beforscht werden können. In Anlehnung an Überlegungen von Riescher wurde Resilienz beispielsweise als starkdemokratische Sicherheit verstanden. Damit war eine aktive, transparente und partizipative Rolle von Bürgen bei gesellschaftlichen und poli-

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

tischen Aushandlungsprozessen zur normativen Erwünschtheit relevanter Systeme gemeint. Es wurde postuliert, dass so durch die Verantwortungsannahme aktiver Bürger eine Aufrechterhaltung gesellschaftlicher Freiheiten bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit möglich wird. Dieser innovative Ansatz, mithilfe von Resilienz Freiheit und Sicherheit zu kombinieren und einen scheinbaren Gegensatz zwischen den beiden aufzulösen, ist ein vielversprechender Ausgangspunkt für weitergehende Analysen. Denn in den Sozialwissenschaften und gerade in der Politikwissenschaft spielt die Frage nach dem Verhältnis zwischen Freiheit und Sicherheit immer wieder eine wichtige Rolle. Gegeben aktuelle soziale, politische und technologische Entwicklungen, vom Erstarken des Populismus über den Trend zur Automatisierung auch normativ besetzter Entscheidungen bis zur zunehmenden Bedeutung sozialer Medien, wird es wohl sogar wieder wichtiger, Freiheit in Bezug auf Sicherheit und vice versa zu diskutieren. Resilienz verstanden als starkdemokratische Sicherheit bietet hier einen geeigneten Ausgangspunkt. Aus sozusagen umgekehrter Richtung interessant wäre auch eine Untersuchung von Systemen, die sich durch unfreie Strukturen auszeichnen, trotzdem aber eine hohe Resilienz aufweisen. Es ließe sich die Frage stellen, ob generelle Mechanismen identifiziert werden können, die zur Resilienz derartiger Systeme beitragen und ob diese sich auch in freien, demokratischen Systemen sinnvoll einsetzen ließen.

Für die Ingenieurwissenschaften ergeben sich aus den 37 Hypothesen eine Reihe von Hinweisen, an welchen Herausforderungen verstärkt geforscht werden könnte, um zur Resilienz von komplexen adaptiven Systemen beizutragen. Ein Beispiel ist die Entwicklung neuer bzw. die Weiterentwicklung bestehender Methoden zur Modellierung und Simulation komplexer Systeme. Die Modelle können dazu genutzt werden, das Verhalten komplexer adaptiver Systeme im Normalfall zu simulieren. Sie sollen aber auch dazu genutzt werden, die Reaktion solcher Systeme beim Auftreten unerwarteter, gravierender widriger Ereignisse zu testen. Letztlich geht es darum, Unsicherheit und Komplexität in Modellen besser abzubilden, als das bisher der Fall ist. Vor allem agentenbasierte Modellierungsmethoden bieten vielversprechende Möglichkeiten dafür, auch weil sie unter anderem dazu geeignet sind, menschliches Verhalten mit abzubilden. So genügen sie dem Anspruch an Resilience Engineering, sozio-technische Systeme zu untersuchen. Gleichzeitig besteht auch noch Forschungsbedarf was den Ansatz der modularen Modellierung angeht. In der Kombination unterschiedlicher Modellierungsmethoden liegt großes Potenzial, das aber nur ausgeschöpft werden kann, wenn diese innerhalb eines übergreifenden Modells vereint werden können. Dafür ist

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

die Entwicklung geeigneter Schnittstellen notwendig. Außerdem kann die Weiterentwicklung von Modellen und Simulationsmethoden auch genutzt werden, um nach Wegen zu suchen, systematisch Umkipp-Punkte, Schwellenwerte oder auch Hebelpunkte in komplexen adaptiven Systemen identifizieren zu können. Nicht zuletzt bestehen vielfältige Forschungsfragen auch nach wie vor in der Klärung des Verhältnisses zwischen künstlicher Intelligenz und Resilience Engineering. Es sollte geklärt werden, wie Methoden der künstlichen Intelligenz zu Resilience Engineering beitragen können. Genauso sollte aber untersucht werden, ob und wo künstliche Intelligenz auch zu einer Gefahr für Resilienz im Bereich der zivilen SiFo werden kann, gerade mit Blick auf die normativen Aspekte des Konzepts.

In einer von Komplexität und Unsicherheit charakterisierten Welt gehen die Fragen für Resilienzforschung nicht aus. Ganz zu Beginn wurde postuliert, dass es manchmal besser kommt als man denkt. Dass Krisen gemeistert, Probleme gelöst und Gefahren gebannt werden können. Und dass dazu drei Sorten von Fragen beantwortet werden müssen. Nämlich erstens danach, um welche Art von Krisen, Problemen und Gefahren es sich handelt? Zweitens, wie diese gemeistert, gelöst und gebannt werden können? Und drittens, in welchem Kontext das alles erfolgt, welche Nebenbedingungen beachtet werden müssen und welche sonstigen Auswirkungen entstehen? Die vorliegende Arbeit hat versucht, diese Fragen für den Bereich der zivilen Sicherheitsforschung ein gutes Stück weit zu beantworten, indem sie ein eigenständiges Resilienz-Konzept entwickelt und daraus 37 Hypothesen für Resilience Engineering abgeleitet hat. Insgesamt bildet sie so einen wichtigen Baustein auf dem Weg hin zu einer Gesellschaft mit größerer Resilienz.

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA

https://doi.org/10.5771/9783748924227-448 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY-SA