

AMICAI: Ein methodisches Vorgehen zur quantitativen Analyse von ethischen, rechtlichen und sozialen Auswirkungen anwendungsnaher Forschungsprojekte

Matthias WILLE, Christopher BRANDL, Jochen NELLES, Alexander MERTENS,
Christopher M. SCHLICK

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Bei anwendungsnahe Forschungsprojekten stellt die Erhebung der für das jeweilige Projekt relevanten ethischen, rechtlichen und sozialen Implikationen (ELSI) eine neue Herausforderung dar, vor allem weil zur Konkretisierung dieser eher „weichen“ Faktoren noch wenig etablierte Methoden existieren. Am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen wurde deshalb ein methodisches Vorgehen entwickelt, welches die integrierte Bearbeitung von Forschungszielen und ELSI unterstützt. Im Kern werden mögliche ethische, rechtliche und soziale Auswirkungen im Sinne einer Fehlerzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA) identifiziert und hinsichtlich ihrer Kritizität bewertet. Durch eine solche Quantifizierung und Gewichtung lassen sich ELSI-Fragestellungen frühzeitig und kontinuierlich neben den eigentlichen Forschungszielen in einer effizienten Art und Weise integrieren. Durch die Anlehnung des methodischen Vorgehens an eine FMEA wird eine lösungsorientierte, statt im Gegensatz zur üblichen Technikfolgenabschätzung problemorientierte Herangehensweise gefördert. Das Vorgehen lässt sich individuell an die unterschiedlichen Bedürfnisse von Forschungsprojekten adaptieren und bietet die Möglichkeit der Integration bestehender Ansätze, wie z.B. das Model zu ethischen Evaluation sozio-technischer Arrangements (MEESTAR).

Schlüsselwörter: ELSI, FMEA, MEESTAR, Technikfolgenabschätzung

1. Einleitung

Der Behandlung ethischer, rechtlicher und sozialer Fragestellungen (ELSI)¹ wird in anwendungsnahe Forschungs- und Entwicklungsprojekten zunehmend mehr Raum gegeben. Dies erweitert den Fokus neben der Innovation, der technischen Umsetzung oder der ergonomischen Gestaltung auf die Abschätzung möglicher Folgen neuer Systeme in ethischer, rechtlicher und sozialer Hinsicht. Gerade in Bezug auf die zunehmende Digitalisierung und damit einhergehenden Verknüpfung von Daten („Industrie 4.0“) ist diese Folgenabschätzung von großer Wichtigkeit.

Die Identifizierung der für das jeweilige Projekt relevanten möglichen ethischen und sozialen Auswirkungen geschieht meist über einen Diskussionsprozess in den alle beteiligten Stakeholder einbezogen werden, um so die unterschiedlichen Sichtweisen zu repräsentieren. Solche Gruppendiskussionen, die durch verschiedene Moderationstechniken unterstützt werden können, haben sich als zielführend

¹ Aus dem Englischen von ethical, legal and social implications abgekürzt.

erwiesen. Hierbei empfiehlt es sich im Sinne einer Klassifizierung auch auf Rahmenwerke wie z.B. das MEESTAR-Model (Manzeschke et. al 2013) zurückzugreifen, das verschiedene Sichtweisen explizit benennt. Der Fokus des hier beschriebenen und im Workshop exemplarisch durchgeführten Ansatzes (AMICAI²) geht darüber hinaus. Denn nach der Identifizierung und Klassifizierung möglicher ethischer, rechtlicher und sozialer Auswirkungen steht die Frage der quantitativen Analyse mit dem Ziel der Identifikation der relevantesten Faktoren. Wie wahrscheinlich ist es, dass ein eine erwartete Auswirkung eintritt? Wie groß bzw. dramatisch wären die Folgen? Mit welcher Wahrscheinlichkeit lässt sich die Auswirkung vor dem Eintreten erkennen? So kann es beispielsweise zielführender sein, sich einer wahrscheinlicher eintretenden Auswirkung und deren geringen Folgeschwere zu widmen, als einer unwahrscheinlicher eintretenden Auswirkung mit hoher Folgeschwere. Erst eine solche Abwägung in anwendungsnahen Forschungsprojekten ermöglicht die Fokussierung auf relevante ethische, rechtliche und sozialen Auswirkungen. Für die gewichtete Auswahl an Auswirkungen lässt sich somit in eine Reihenfolge für die Berücksichtigung festlegen. Dadurch kann ein bewusst höherer Aufwand für die Berücksichtigung der relevanten Auswirkungen genutzt werden. Die Ziele der anwendungsnahen Forschungsprojekte können somit unter Berücksichtigung von möglichen ethischen, rechtlichen und sozialen Auswirkung bearbeitet werden, wodurch sich die gegenwärtig tendenziell problemorientierte Technikfolgenabschätzung zu einer starken Lösungsorientierung weiterentwickeln kann.

2. Grundlagen

Das hier umschriebene AMICAI stellt eine Abwandlung der klassischen Fehlerzustandsart und -auswirkungsanalyse (FMEA) dar. Dies ist eine häufig angewendete Methode zur systematischen Analyse eines Systems mit dem Ziel, mögliche Fehlerzustandsarten, ihre Ursachen und ihre Auswirkungen auf das Systemverhalten zu ermitteln. Zunächst werden die Ausfallarten bestimmt, anschließend die wahrscheinlichsten Ausfallursachen und abschließend werden die Ausfallauswirkungen ermittelt, welche als Folge einer Ausfallart hinsichtlich des Betriebs, der Funktion oder des Zustandes eines Systems wirken. Die Maßgröße wird Risikoprioritätszahl RPN genannt und berechnet sich als Produkt der Schwere S („Severity“) einer Ausfallauswirkung, der Eintrittswahrscheinlichkeit O („Occurrence“) einer Ausfallart und der Erkennungswahrscheinlichkeit D („Detection“).

Das MEESTAR-Modell³ stellt eine Möglichkeit dar, die ethischen Problemfelder eines Forschungsvorhabens systematisch aufzuschlüsseln. Allgemein dient MEESTAR nicht dazu, vorgefertigte Lösungen zu liefern, sondern stellt vielmehr ein heuristisches Instrument dar, um in einem strukturierten Dialog (bspw. Workshop) soziotechnische Systeme ethisch verorten zu können, damit ethische Vorbehalte und Bedenklichkeiten bei der Nutzung der Systeme identifiziert werden können. So können die Bewertungsdimensionen der X-Achse (Fürsorge, Selbstbestimmung, Sicherheit, Gerechtigkeit, Privatheit, Teilhabe, Selbstverständnis) als auch die auf der Z-Achse des MEESTAR-Modells liegenden drei Perspektiven der Beobachtung (individuell, organisational und gesellschaftlich) als Orientierung für die geführte Diskussion mit den Stakeholdern genutzt werden.

² Aachener Model of Identification, Classification and Analysis of ethical, legal, and social Implications

³ Modell zur ethischen Evaluation sozio-technischer Arrangements

3. Methodisches Vorgehen zu quantitativen Analyse von ELSI

Für die quantitative Analyse von ethischen, rechtlichen und sozialen Auswirkungen wird nachfolgend ein methodisches Vorgehen beschrieben, welches in anwendungsnahen Forschungsprojekten bereits erfolgreich erprobt wurde. Die FMEA bzw. FMECA erwies sich dabei als geeignete methodische Basis, zumal diese seit Jahrzehnten zur Analyse der technisch-konstruktiven Auswirkungen als etablierter Bestandteil von Entwicklungstätigkeiten angewendet wird. Die nachfolgende Beschreibung des methodischen Vorgehens kann in diesem Beitrag nur auf generischer und damit vereinfachender Weise geschehen. Das methodische Vorgehen von AMICAI wird in vier Phasen wie folgt eingeteilt:

- Vorbereitungsphase: Definition von Betrachtungskontext und Festlegung einer Klassifikation
- Phase 1: Identifikation und Klassifizierung von ethischen, rechtlichen und sozialen Problemen, welche durch die Ziele der Forschung entstehen können
- Phase 2: Quantitative Analyse und Priorisierung der Probleme hinsichtlich der Kritizität
- Phase 3: Entwicklung von Lösungen zur Beseitigung der Zustandsursachen

In der Vorbereitungsphase ist der Betrachtungskontext, meist Ziele des Forschungsprojektes zu definieren und ggf. zu konkretisiert. Daran anschließend ist eine Klassifizierung zu erarbeiten, um damit den Betrachtungsbereich für die Analyse festzulegen. Dabei können bestehende Klassifizierungsmodelle zur Systematisierung (z.B. MEESTAR) angewendet, eine geeignete Klassifizierung für das Forschungsprojekt selbst entwickelt oder beides in Kombination durchgeführt werden. Für die Klassifizierung empfehlen wir die Berücksichtigung der relevanten Stakeholder (z.B. Anwender, Gesellschaft und Betreiber bzw. Hersteller) sowie mindestens eine Betrachtungsebene (z.B. Perspektiven nach MEESTAR und ökologische Auswirkungen). Sofern weitere Betrachtungsebenen genutzt werden, sollten diese hierarchisch aufgebaut sein. Wichtig ist, dass hier konsistent alle relevanten Sichtweisen aufgelistet werden.

In der ersten Phase werden mögliche Probleme (im Sinne der Ausfallart einer FMEA) identifiziert, die sich durch die angestrebte Entwicklung eines anwendungsnahen Forschungsprojektes ergeben können. Bei einem Problem (z.B. Überforderung) kann es sich um ethische, rechtliche und soziale Bedenken oder Vorbehalte handeln, die beim Stakeholder entstehen, wobei diese der Wahrnehmung eines Zustandes entsprechen. Für die Identifizierung möglicher zukünftiger Probleme ist die Kenntnis der gegenwärtigen Anforderungen bzw. Sichtweisen hilfreich, was sich am Beispiel der rechtlichen Auswirkungen wohl am deutlichsten zeigt. Sind den Beteiligten eines Forschungsprojektes die rechtlichen Anforderungen oder relevante (harmonisierte) Normen nicht bekannt, wird es wohl schwierig bis unmöglich sein mögliche Probleme zu identifizieren. Mindestens genauso wichtig ist die frühzeitige und kontinuierliche Einbindung aller beteiligten Stakeholder bei der Identifizierung möglicher Probleme. Im nächsten Schritt werden die wahrscheinlichsten Problemursachen (im Sinne der Ausfallursachen einer FMEA) ermittelt, welche zumeist technischer, organisatorischer oder personenbezogener Natur sind.

Im Folgenden wird an einem Beispiel zur Mensch-Roboter Kollaboration das Verfahren exemplarisch dargestellt (siehe auch Tabelle 1). Im vorliegenden Beispiel könnte ein mögliches Problem der Überforderung der Arbeitsperson entstehen. Die wahrscheinliche Problemursache wäre, dass der Arbeitsinhalt und Takt durch

Roboter vorgegeben werden würde. Anschließend werden jedem Problem mögliche Problemauswirkungen zugeordnet. So könnte im Beispiel die Überforderung der Person zum einen zur Arbeitsunfähigkeit führen oder aber zu einem Anstieg von Produktionsfehlern. Für jede neue Kausalkette bestehend aus Problemursache, Problem und Problemauswirkung ist separat zu analysieren, was bspw. in einer neuen Zeile einer Tabelle geschehen kann.

In der zweiten Phase wird die Schwere S der Problemauswirkung beurteilt. Die Schwere lässt sich hierbei auf Skalen bspw. von 1 (z.B. unbedeutend) bis 10 (z.B. katastrophal) von allen Beteiligten quantifizieren. In unserem Beispiel wird die Arbeitsunfähigkeit einer Arbeitsperson mit einer hohen Schwere von $S = 9$ beurteilt, während die Produktionsfehler eine geringere Schwere von $S = 3$ erhalten. Als nächstes erfolgt die Quantifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeiten O . Hier muss im Unterschied zur FMEA eine wesentliche Veränderung vorgenommen werden. Während sich bei der FMEA Eintrittswahrscheinlichkeit ausschließlich auf die Ausfallursache bezieht, wird die Eintrittswahrscheinlichkeit bei AMICAI auf die gesamte Kausalkette bestehend aus Problemursache, Problem und Problemauswirkung bezogen. Diese Änderung ist notwendig, da bei den „weichen“ Faktoren ethischer, rechtlicher und sozialer Auswirkungen häufig mehrere und gemeinsame Problemursachen bestehen. Denn während bei einer FMEA für technische Systeme die Kausalkette zumeist eindeutig ist (Ausfallursache führt zum Ausfall und zur Ausfallauswirkung), tritt die Problemauswirkung bei der Betrachtung von ELSI nicht zwingend oder mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit ein. Die Eintrittswahrscheinlichkeit O jeder Kausalkette wird bspw. von 1 (unwahrscheinlich) bis 10 (sehr wahrscheinlich) quantifiziert. Im vorliegenden Beispiel wird die Eintrittswahrscheinlichkeit der Arbeitsunfähigkeit aufgrund des durch den Roboter vorgegeben Arbeitsinhalt und Takt entstehenden Gefühls der eingeschränkten Selbstbestimmung mit $O = 3$ niedrig eingeschätzt, während Produktionsfehler mit $O = 7$ insgesamt wahrscheinlicher sind. Für die Beurteilung der Eintrittswahrscheinlichkeiten sind in einem gruppenspezifischen Prozess alle Stakeholder mit einzubeziehen.

Anschließend sind Erkennungsmethoden für das mögliche Problem bei der späteren Anwendung zu identifizieren. Dabei sollte die Prämisse sein, das Problem bereits vor einem möglichen Eintreten der Problemauswirkung, also präventiv zu erkennen. Die in Tabelle 1 dargestellt Arbeitsunfähigkeit lässt sich einerseits vorab durch empirische Laborstudien (präventiv) oder durch Befragungen kurz nach der Einführung (noch präventiv) erkennen oder durch die Auswertung von Arbeitsunfähigkeitstagen (reaktiv). Wird eine reaktive Erkennungsmethode ange-setzt, sollte die Eintrittswahrscheinlichkeit angepasst werden, weil die Problemauswirkung dann bereits mindestens einmal eingetreten wäre. Die Erkennungswahrscheinlichkeit D ist für das Problem in Kombination mit der Erkennungsmethode bspw. auf einer Skala von 1 (fast sicher) bis 10 (völlig ungewiss) zu quantifizieren. Für das bisherige Beispiel kann bspw. mit empirischen Studien eine gute präventive Erkennungsmethode gefunden. Sollte jedoch die reaktive Erkennungsmethode der Arbeitsunfähigkeitstage gewählt werden, ist dementsprechend die Eintrittswahrscheinlichkeit anzupassen. Es ist logischerweise nicht zielführend Erkennungsmethoden aufzunehmen, die später nicht angewendet werden, weil die Erkennungswahrscheinlichkeit für die Berechnung der Risikoprioritätszahl RPN genutzt wird. Die Risikoprioritätszahlen RPN wird als Produkt der Werte von S , O und D berechnet. In dieser Art und Weise werden alle Probleme zeilenweise abgearbeitet und Ihnen Problemursache, Problemauswirkung, Erkennungsmethode, Schwere S , Eintrittswahrscheinlichkeit O und Entdeckungswahrscheinlichkeit D zugeordnet. Die hier vorgestellte Reihenfolge empfiehlt sich und

Tabelle 1: Auszug einer Dokumentation der ersten und zweiten Stufe der Anwendung des AMICA-ELSI Modells zur quantitativen Analyse von ELSI am Beispiel eines Mensch-Roboter-Kollaborationsarbeitsplatzes

Betrachtungskontext: Implementierung von Mensch-Roboter-Kollaborationsarbeitsplätzen													
Klassifizierung		Problem-Kritizität				Problemvermeidung			RPN				
Stakeholder	Betrachtungsebene	Problemursache	Problem	Problemauswirkung	S	O	Erkennungsmethode (p/r)	D					
Anwender	Selbstbestimmung	Roboter gibt Arbeitsinhalt und -tempo vor	Überforderung	Arbeitsunfähigkeit	9	3	empir. Studie (p)	2	54				
							Befragung nach Inbetriebnahme (p)	3	81				
			Produktionsfehler	Kündigung	4	4	Arbeitsunfähigkeitstage (r)	2	90				
							Qualitätssicherung	1	21				
	Sicherheit	nicht prädiktierbare Roboterbewegung	Verletzungsgefahr	meldepflichtiger Arbeitsunfall	9	2	empir. Studie (p)	5	90				
							Zertifizierung (p)	1	18				
	Datenschutz	individuelle Adaption durch kontinuierliche Datenerfassung	Empfindung von Unwohlsein	Produktivitätsverlust	4	3	Befragung (p)	5	60				
							Gefühl der Leistungskontrolle	Verstoß gegen BDSG	9	5	Eigenrecherche (p)	7	315
											rechtliches Gutachten (p)	3	135

S = Schwere der Problemauswirkung von (1) unbedeutend bis (10) katastrophal
O = Eintrittswahrscheinlichkeit der Kausalkette von (1) unwahrscheinlich bis (10) sehr wahrscheinlich
D = Erkennungswahrscheinlichkeit vor Eintritt der Problemauswirkung von (1) fast sicher bis (10) völlig ungewiss
RPN = Risikoprioritätszahl als Produkt aus S, O und D von (1) sehr niedrig bis (1000) sehr hoch

hat sich im Anwendungskontext bewährt. Die Identifizierung von Problemen (z.B. Gefühl der Leistungskontrolle) kann auch durch Überlegungen zu Problemursachen (z.B. individuelle Adaption durch kontinuierliche Datenerfassung) oder Problemauswirkungen (z.B. Verstoß gegen BDSG) durchgeführt werden. Abschließend lassen sich die Probleme anhand der Risikoprioritätszahl priorisieren, d.h. hohe RPN sind vorrangig zu berücksichtigen.

In der dritten Phase sind für die als relevant identifizierten Probleme Lösungen zur Vermeidung zu entwickeln. Hierbei hilft die vorangegangene Analyse, z.B. durch die Kenntnis über Problemursachen. Bei der Lösungsentwicklung ist eine integrierte Berücksichtigung der Probleme für die Forschungsziele anzustreben anstatt bspw. eine Lockerung des BDSG zu fordern.

Für eine praktikable Anwendung des methodischen Vorgehens zur quantitativen Analyse von ELSI wird ein ein- oder mehrtätiger moderierter Workshop mit den Stakeholdern, Forschungsprojektbeteiligten und externen Experten empfohlen. Ein vorheriges Sammeln und Klassifizieren von möglichen Problemen kann helfen, gezielt Experten, z.B. für Impulsvorträge oder die Darstellung der Anforderungen, zu involvieren. Das Ziel eines Workshops muss es nicht sein, alle Handlungsfelder umfassend abzudecken, da sich die Ergebnisse des methodischen Vorgehens akkumulieren lassen. Vielmehr ist es deshalb ratsam während eines Workshops auf einen überschaubaren Bereich zu fokussieren und andere Betrachtungsebenen durch weitere Workshops zu analysieren. Das methodische Vorgehen bei der Entwicklung von Lösungsansätzen für die einzelnen Probleme kann bspw. anhand von etablierten Normen, z.B. DIN EN ISO 9241-210 oder VDI 2221 durchgeführt und durch Kreativitätstechniken ergänzt werden.

4. Diskussion und Fazit

Das hier dargestellte Verfahren bietet die Möglichkeit ethische, rechtliche und soziale Auswirkungen anwendungsnaher Forschungsprojekte frühzeitig zu identifizieren, deren Kritizität zu quantifizieren und nach deren Relevanz zu priorisieren. Hierzu ist die FMEA als eine etablierte Methode zur Analyse technisch-konstruktiver Auswirkungen auf ethische, rechtliche und soziale Auswirkungen übertragen worden. Die frühzeitige Anwendung der beschriebenen Vorgehensweise kann auch in Forschungsprojekten eine möglichst kostenwirksame Behebung und Entschärfung von ungewollten ethischen, rechtlichen und sozialen Auswirkungen gewährleisten. Dabei können bestehende Klassifizierungsmodelle zur Systematisierung (z.B. MEESTAR) angewendet, geeignete Klassifizierung für das Forschungsprojekt selbst entwickelt oder beides in Kombination durchgeführt werden. Damit lässt sich das vorgestellte methodische Vorgehen unabhängig von bestehenden oder zukünftigen Klassifizierungsmodellen bzw. notwendigen Eigenentwicklungen anwenden.

Als Limitation gelten natürlich die klassischen Einschränkungen einer FMEA auch für AMICAL. So ist die Multiplikation der ordinalskalierten Merkmale *S*, *O* und *D* streng mathematisch betrachtet nicht definiert. Des Weiteren ist nicht sichergestellt, dass ähnlichen Risiken dieselben *RPZ* zugeordnet werden und es kann auf der anderen Seite Risiken geben, denen zwar dieselbe *RPZ* zugeordnet wird, die aber nicht gleichermaßen akzeptabel sind. Dies betont, dass die hier gewonnenen *RPN* nur zur Orientierung dienen und nicht als intervallskalierte „harte Fakten“ angesehen werden dürfen. Zur Ordnung und Priorisierung von ethischen, rechtlichen und sozialen Auswirkungen liefern sie aber eine gute Orientierung.

5. Literatur

- Manzeschke A, Weber K, Rother E, Fangerau H (2013) Ethische Fragen im Bereich Altersgerechter Assistenzsystemen. Zugriff 26.11.15. <http://www.mtidw.de/grundsatz-fragen/begleitforschung/dokumente/ethische-fragen-im-bereich-altersgerechter-assistenzsysteme-1>.
- CEN, Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung (2006) Analysetechniken für die Funktionsfähigkeit von Systemen – Verfahren für die Fehlzustandsart- und -auswirkungsanalyse (FMEA). DIN EN 60812.
- CEN, Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung (2011) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. DIN EN ISO 9241-210.
- VDI, Verein Deutscher Ingenieure (1993) Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. VDI 2221.

Danksagung: Das hier beschriebene Vorgehen wurde im Rahmen mehrerer angewandter Forschungsprojekte am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen entwickelt und eingesetzt, die mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom VDI/VDE-IT als Projektträger betreut werden:

- „MeRoSy – Mensch-Roboter Synergie – Lernen und Adaption in der Mensch Roboter Evolution“ (FKZ: 16SV7190)
- „ENGAGE4PRO – Ergonomie-Navigator für die alters- und alternsgerechte Produktion“ (FKZ: 16SV6143)
- Die interdisziplinäre Forschungsgruppe Human Factors Engineering and Ergonomics in Healthcare (HFE²H) mit dem Projekt Tech4Age (FKZ: 16SV7111)