

Risikoanalysen – Voraussetzung für einen optimalen Staubexplosionsschutz in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR

Dipl.-Chem. G. Beck, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR
Dipl.-Ing. Gudrun Dietzschold, Arbeitshygieneinspektion beim Rat des Bezirkes Dresden

1. Allgemeines

Das Problem des Staubexplosionsschutzes gewinnt in der DDR zunehmend an Bedeutung. Trotz des wachsenden wissenschaftlichen Erkenntnisstandes bezüglich Ursachen, Entstehungsmöglichkeiten, Ablauf sowie Schutzmaßnahmen muß in vielen Ländern ein ständiges Anwachsen von Staubexplosionsereignissen registriert werden.

Ihre Anzahl in der DDR ist zwar vergleichsweise gering, trotzdem muß festgestellt werden, daß die Ursachen zu ihrem Entstehen durchaus gegeben sind.

Voraussetzung für einen optimalen, d. h. hinreichenden, aber auch ökonomisch vertretbaren Staubexplosionsschutz ist die ausreichend genaue Kenntnis der Situation. Diese Kenntnis ist durch die Gefährdungsanalyse nach Standard TGL 30042 [1] allein nicht zu gewinnen, da sie sich auf eine ungraduierte Ja-Nein-Feststellung bezüglich der Anwesenheit einer „gefährdenden Menge“ brennbaren Staubs, d. h. der Staubexplosionsgefährdung EG-St, beschränkt. Damit bleiben die gerade in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft an der Staubexplosionsentstehung und -auswirkung maßgeblich beteiligten technischen Einrichtungen, wie Apparate, Maschinen, Fördermittel, Silozellen, unberücksichtigt.

Ferner werden wesentliche Staubexplosionsfaktoren, wie Art, Anzahl und Wirksamkeit von Zündquellen sowie Ausbreitung und Auswirkung von Staubexplosionen, nicht erfaßt.

Demgegenüber ist eine Risikoanalyse bezüglich Staubexplosionen, die alle Arbeitsstätten und technischen Einrichtungen eines Objekts einbezieht, weitaus besser geeignet, die Grundlagen für einen optimalen Staubexplosionsschutz zu liefern. Unter einer Staubexplosions-Risikoanalyse ist die komplexe, systematische Beurteilung folgender Sachverhalte zu verstehen:

- Staubexplosionsgefährdung gemäß Standard TGL 30042
- Entzündungswahrscheinlichkeit
- Explosionsauswirkung.

Mit dem Terminus Risikoanalyse wird an-

knüpfend an die in der Literatur übliche Definition nach [2] – Risiko = Eintrittswahrscheinlichkeit \times Schadensausmaß – der weiterreichende Begriffsinhalt gegenüber der Gefährdungsanalyse nach Standard TGL 30042 deutlich gemacht. Durch diese Art der Analyse wird erst folgendes möglich:

- Explosionsfaktoren und ihren Kausalzusammenhang zu erkennen und systematisch darzustellen
- Explosionsfaktoren ihrer Bedeutung entsprechend zu wichten
- Randbedingungen der Explosionsfaktoren zu erkennen
- Rangfolge und Art der Maßnahmen zur Beseitigung von Explosionsfaktoren gezielt und bedeutungsäquivalent festzulegen, d. h. optimale Schutzmaßnahmen festzulegen
- Voraussetzungen für die wirksame Kontrolle der Schutzmaßnahmen zu schaffen
- Analyse des Risikos sowie Festlegung und Kontrolle der Schutzmaßnahmen wirtschaftszweigspezifisch zu präzisieren.

Aufgrund der vorstehenden Überlegungen wurden im Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Dresden, Sektion Arbeitswissenschaften, nachgenannte zwei Verfahren entwickelt [3, 4, 5]:

- Risikoanalyse bezüglich Staubexplosionen auf der Grundlage von Checklisten [4]
- Risikoanalyse auf der Grundlage logischer Modelle [5].

Beiden Verfahren ist gemeinsam, daß sie jede Arbeitsstätte und jede technische Einrichtung getrennt bewerten und daß die Bewertung der Risikofaktoren mit Hilfe qualitativer Kennzahlen erfolgt. Letztere erlauben eine gewisse quantifizierte Behandlung der Risikofaktoren, für die es keine exakten Werte gibt [6], wie dies auch bei den Staubexplosionsfaktoren in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft der Fall ist.

2. Risikoanalyse auf der Grundlage von Checklisten

Die Risikoanalyse auf der Grundlage von Checklisten ist die einfachere Form. Sie soll deshalb zukünftig Anwendung für bestehende landwirtschaftliche Einrichtungen finden. Zur schnellen und reibungslosen Abarbeitung werden dabei während der Objektbegehung und der Auswertungsphase Checklisten angewendet.

Die Bewertung erfolgt in jeder Spalte mit Hilfe qualitativer Kennzahlen, die zu der Risikokennzahl für das betreffende Objekt verrechnet werden. Anhand der Risikokennzahl ist eine Ableitung der Dringlichkeit einzuleitender Schutzmaßnahmen möglich (Tafel 1).

Die Risikoanalyse setzt sich aus zwei Teilen zusammen:

- Risikoanalyse für Arbeitsstätten
- Risikoanalyse für technische Einrichtungen.

Die einzelnen Einflußkriterien finden in der Risikoanalyse folgendermaßen Berücksichtigung:

Risikoanalyse für Arbeitsstätten

- Beurteilung der Staubexplosionsgefährdung wahlweise anhand der
 - Messung der Staubschichtdicke
 - Immissionsrate oder qualitativen Abschätzung nach [7]
- Beurteilung der Zündquellen
 - Anzahl
 - Absicherung des Vermeidens von Zündquellen
 - Dauer der Zündwirksamkeit
- Einschätzung der Zündwilligkeit des Staubs anhand der Entzündungstemperatur des lagernden Staubs bzw. der Zündtemperatur des schwebenden Staubs
- Schadensabschätzung
 - Einschätzung der Höhe des zu erwartenden Schadens.

Risikoanalyse für technische Einrichtungen

- schutzmaßnahmenorientierte Bewertung
- Prüfung der realisierten Schutzmaßnahmen zur Beseitigung der Staubexplosionsgefährdung, zur Vermeidung von Zündquellen und gegen angelaufene Staubexplosionen anhand einer Vorgabeliste für jede zu beurteilende technische Einrichtung.
- Einschätzung der Zündwilligkeit des Staubs entsprechend den Arbeitsstätten
- Schadensabschätzung entsprechend den Arbeitsstätten sowie Einschätzung des Folgeschadens auf die Arbeitsstätte.

Aus dem Analysenergebnis werden folgende Aussagen abgeleitet:

für Arbeitsstätten

- Risikorangfolge für die einzelnen Arbeitsstätten und dementsprechend die Reihenfolge, in der ihr Schutz gegen Staubexplosionen zu verbessern ist, aus der Risikokennzahl R_A
- Sicherheitsbewertung der einzelnen Arbeitsstätten und Dringlichkeit der Explo-

Risikokennzahl für Arbeitsstätten R_A	technische Einrichtungen R_T	Sicherheitsbewertung	Dringlichkeit einzuleitender Schutzmaßnahmen
5,5 ... 10	6,5 ... 10	Zustand untragbar	Sofortmaßnahmen notwendig
3,0 ... 5,0	4,5 ... 5,5	Zustand bedenklich	kurzfristige Verbesserungen notwendig
2,0 ... 2,5	1,0 ... 4,0	Zustand ausreichend	langfristige Verbesserungen notwendig
0,0 ... 1,5	0,0 ... 0,5	Zustand gut, Schutzgüte gewährleistet	Zustand halten

Tafel 1
Risikoauswertung beim
Checklistenverfahren

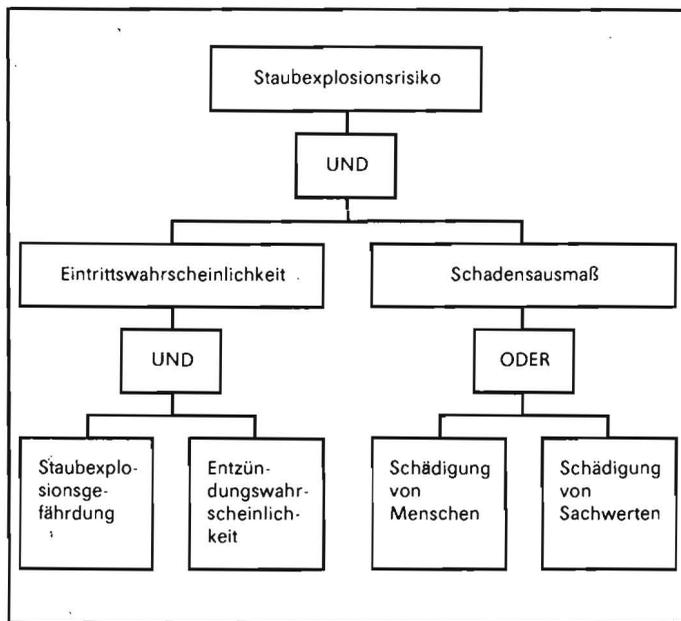


Bild 1. Aufbau logischer Modelle bezüglich Staubexplosionen

Tafel 2. Auszug aus der Zuordnung von Basisfaktoren und Schutzmaßnahmen

Basisfaktor	Schutzmaßnahme
Staubaustritt durch verschleißbedingte Undichtheiten	Reparatur zur Abdichtung
Akkumulation von Staubablagerungen infolge mangelhafter Raumreinigung	Reinigungszyklus angemessen realisieren
Zündung durch rutschenden Bechergürt möglich	Bechergürt in angemessenen Abständen spannen und kontrollieren, Umlaufkontrollgerät einsetzen
Zündung durch elektrostatische Entladungsfunken möglich	Erdung aller metallischen Anlagenteile nach TGL 22061/01
Explosionsausbreitung durch eine Übergabestelle möglich	Einbau einer Explosionssperre in die Übergabestelle

sionsschutzmaßnahmen aus der Risikokennzahl R_A nach Tafel 1

- Festlegen der Maßnahmen zur Beseitigung bzw. zum Abbau der Staubexplosionsgefährdung
Es müssen in jeder Arbeitsstätte soweit wie möglich alle Faktoren beseitigt werden, die in ihr Staubimmission, Staubablagerung und ungenügende Staubbeseitigung verursachen. Wegen ihres höheren Sicherheitspegels ist diesen Maßnahmen der Vorrang vor denen zur Beseitigung der Zündquellen zu geben.
- Festlegen der Maßnahmen zur Beseitigung der Zündquellen
Aus jeder staubexplosionsgefährdeten Arbeitsstätte bzw. Zone müssen die dort festgestellten Zündquellen in der Reihenfolge ihrer Zündwirksamkeit, d. h. nach abnehmenden Werten der Zündquellenkennzahl, beseitigt werden.
- Festlegen für jede Arbeitsstätte, ob sie mit bautechnischem Explosionsschutz gegen angelaufene Staubexplosionen auszurüsten ist
Das wird erforderlich, wenn auch noch bei Realisierung aller im gegebenen Fall durchführbaren Maßnahmen zum Abbau der Staubexplosionsgefährdung und zur Zündquellenbeseitigung die Risikokennzahl R_A für die jeweilige Arbeitsstätte einen unverträglich hohen Wert ($R_A > 5,5$) behält.

für technische Einrichtungen

- Risikorangfolge für die einzelnen techni-

schon Einrichtungen entsprechend der Reihenfolge, in der ihr Schutz gegen Staubexplosionen zu verbessern ist, aus der Risikokennzahl R_A

- Festlegen der Art und der Reihenfolge der durchzuführenden Schutzmaßnahmen
Die Art ergibt sich durch Auflistung der Schutzmaßnahmen, die laut Vorgabeliste für die betrachtete technische Einrichtung vorhanden sein müssten, in der Praxis am beurteilten Objekt aber fehlen. Die Reihenfolge resultiert aus der den fehlenden Maßnahmen zuzuordnenden Kennzahl K_A zur Absicherung der Schutzmaßnahmen.

3. Risikoanalyse auf der Grundlage von logischen Modellen

Mit Hilfe logischer Modelle ist die Abbildung beliebig komplizierter und umfangreicher Strukturen möglich. So erfolgt eine logische Abbildung und adäquate Widerspiegelung aller Explosionsursachen. Die Darstellung in logischen Modellen ist anschaulich und übersichtlich und vermittelt Erkenntnisse über die Zusammenhänge des Risikosachverhalts.

Die Aufstellung der logischen Modelle für die Risikoanalyse erfolgt ausgehend von dem von Wolowczyk und Becker [8] entwickelten Gefährdungsmodell. Als Analysenmethode wird die Fehlerbaummethode herangezogen, d. h., es erfolgt die Darstellung des Gefährdungssachverhalts als ein Gefüge von Ursachen und Ursachenketten mit Hilfe aussagenlogischer Grundschaltungen (UND,

ODER) eines sich über Äste und Zweige nach unten hin auffächernden Fehlerbaums.

Der prinzipielle Aufbau der logischen Modelle bezüglich Staubexplosionen ist im Bild 1 dargestellt.

Die einzelnen Äste des Modells wurden bezüglich ihrer Ursachen bis hin zu Basisfaktoren unterteilt. Das sind solche Faktoren, die zur Ursachenermittlung hinsichtlich der Gefährdung, der Zündquellenwirksamkeit und des Explosionsschadens nicht weiter unterteilt werden müssen bzw. können. Diese Basisfaktoren sind so gewählt, daß ihnen Schutzmaßnahmen, d. h. Maßnahmen zu ihrem Abbau bzw. zu ihrer Beseitigung, eindeutig zugeordnet werden können (Tafel 2).

Anhand der logischen Modelle für Arbeitsstätten und technische Einrichtungen wurde eine programmierte Analysenvorschrift entwickelt und praktisch getestet. Analog der Checklistenmethode ist die Fehlerbaummethode ebenfalls eine qualimetrische Form der Analyse.

In Tafel 3 sind auszugsweise einige Schritte des Ablaufschemas für Arbeitsstätten enthalten.

Im einzelnen lassen sich folgende Aussagen aus dem Analyseergebnis ableiten:

- Sicherheitsbewertung und Dringlichkeit der Realisierung ausreichender Schutzmaßnahmen entsprechend Tafel 4
- Risikorangfolge und Reihenfolge der sicherheitstechnischen Umrüstung jeweils

Tafel 3. Auszug aus dem Ablaufschema für Arbeitsstätten

Nr. der Frage	Bewertungskriterium	Kennzahlzuordnung
1	Liegen brennbare Stäube in der Arbeitsstätte vor? nein: Analyse beenden ja: Analyse fortsetzen	RA = 0
8	Welche Ablagerungsflächen brennbaren Staubs sind vorhanden? - raue Wände - trockener Fußboden - geneigte Flächen über Flur in Form von Konsolen, Trägern, Rohrleitungen, Maschinenteilen und Kabelbrücken	GF = 1 GF = 1 GF = 1
10	Welche Zündquellen können in der Arbeitsstätte auftreten? - keine - Funken und heiße Oberflächen - Selbstentzündung - übergreifende Explosionsflammen, Druckwellen bzw. Rauchschwaden aus den technischen Einrichtungen	EZ = 0 EZ = 1 EZ = 2 EZ = 3
18	Wie groß ist die zu erwartende Explosionsauswirkung? - 50 % - 50 % - Totalschaden	SE = 0,3 SE = 0,6 SE = 1
24	Halten sich Menschen im Schädigungsbereich auf? - nie - selten, d. h. < 30 % der Schichtzeit - häufig, d. h. 30...90 % der Schichtzeit - ständig, d. h. > 90 % der Schichtzeit	SH = 0 SH = 0,25 SH = 0,75 SH = 1
RA	Maß für das Staubexplosionsrisiko in Arbeitsstätten	
GF	Kennzahl für die Ablagerungsflächen des brennbaren Staubs	
EZ	Kennzahl für die Zündquellenart	
SE	Kennzahl für die zu erwartende Explosionsauswirkung	
SH	Kennzahl für den Aufenthalt von Menschen im Schädigungsbereich	

Risikokennzahl für		Sicherheitsbewertung	Dringlichkeit einzuleitender Schutzmaßnahmen
Arbeitsstätten R_A	technische Einrichtungen R_T		
1 ... 0,95	1 ... 0,93	Zustand untragbar	Sofortmaßnahmen notwendig
0,94 ... 0,71	0,92 ... 0,73	Zustand bedenklich	kurzfristige Maßnahmen notwendig
0,70 ... 0,56	0,72 ... 0,56	Zustand ausreichend	langfristige Maßnahmen notwendig
0,55 ... 0	0,55 ... 0	Zustand gut, Schutzgüte ist gewährleistet	Zustand halten

Tafel 4
Sicherheitsbewertung und Dringlichkeit der Schutzmaßnahmen bei der Risikoanalyse nach dem logischen Modell

Nahrungsgüterwirtschaft anwendbar ist. Demzufolge ist dieses Verfahren vorzugsweise für die explosionsschutztechnische Beurteilung und Absicherung von Objekten in den einzelnen Phasen der Investitionsvorbereitung geeignet.

Literatur

- [1] TGL 30042 GAB; Verhütung von Bränden und Explosionen; Allgemeine Festlegungen für Arbeitsstätten. Ausg. Juni 1977.
- [2] Lange, P.: Betrachtungen zur Sicherheitsbewertung, -beurteilung und -entscheidung. ZIAS Dresden, Studie 1980.
- [3] Beck, G.: Anwendungsrichtlinie für den Explosionsschutz in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft. Brandschutz - Explosionsschutz. Aus Forschung und Praxis, Berlin (1984) 11, S. 1-202.
- [4] Dietzschold, G.: Risikoanalysen bezüglich Staubexplosionen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft. TU Dresden, Sektion Arbeitswissenschaften, Ingenieurbeleg 1983.
- [5] Dietzschold, G.: Risikoanalysen bezüglich Staubexplosionen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft mittels qualimetrischer Methoden und logischer Modelle. TU Dresden, Sektion Arbeitswissenschaften, Diplomarbeit 1984.
- [6] Altmann, S.: Beispiele zur qualimetrischen Schutzgüteevaluation. Elektrik, Berlin 34 (1980) 4, S. 4-7.
- [7] Beck, G.: Anleitung für die Anfertigung des Gutachtens zur Brand- und Explosionsgefährdung nach DDR-Standard TGL 30042 in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft. Brandschutz - Explosionsschutz. Aus Forschung und Praxis, Berlin (1981) 6, S. 1-34.
- [8] Wolowczyk, P.; Becker, J.: Anwendung der Fehlerbaummethode zur prospektiven und retrospektiven Gefährdungsermittlung. Arbeitsschutz, Arbeitshygiene, Dresden 19 (1983) 3, S. 94-96. A 4319

innerhalb der Arbeitsstätten und der technischen Einrichtungen

- Festlegung der Maßnahmen zum Abbau der Staubexplosionsgefährdung in jedem beurteilten Objekt

Dazu werden von allen Maßnahmen zum Abbau der Staubexplosionsgefährdung diejenigen herangezogen, die im gegebenen Fall realisierbar sind und deren zugeordnete Basisfaktoren risikorelevant sind (Kennzahlen > 0).

- Festlegung der Maßnahmen zum Abbau der Zündquellenwirksamkeit in jedem beurteilten Objekt

Dies erfolgt analog zur Risikorangfolge und zur Reihenfolge der sicherheitstechnischen Umrüstung jeweils innerhalb der Arbeitsstätten und der technischen Einrichtungen. Am wichtigsten sind hier die Maßnahmen zur Ausschaltung der erkannten Zündquellen.

- Entscheidung über die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen gegen angelaufene Staubexplosionen in jedem beurteilten Objekt

Die Notwendigkeit besteht, wenn sich nach einer rechnerischen Simulation der Schutzmaßnahmenrealisierung und erneuter, ebenfalls rechnerisch simulierter Risikoanalyse immer noch zu hohe Werte für die Risikokennzahl ($R_A > 0,95$) ergeben. Diese Entscheidung sollte bei Arbeitsstätten soweit wie irgend möglich zu dem Ergebnis führen, daß bautechnischer Explosionsschutz nicht erforderlich ist, weil dieser sehr aufwendig und nur wenig schutzwirksam ist.

- Festlegung der Schutzmaßnahmen gegen angelaufene Staubexplosionen

Dies erfolgt analog zur Risikorangfolge und zur Reihenfolge der sicherheitstechnischen Umrüstung jeweils innerhalb der Arbeitsstätten und der technischen Einrichtungen.

- Festlegung der Reihenfolge für die Durchführung der notwendigen Schutzmaßnahmen am jeweiligen Objekt

Dazu werden die Risikokennzahlen für die Basisfaktoren sowie für die Gefährdung, die Entzündungswahrscheinlichkeit und die Schadenswirkung sowie zusätzlich Kennzahlen für die Wertigkeit der Schutzmaßnahmen zum Gefährdungsabbau, zur Zündquellenbeseitigung und zur Schadensabwendung herangezogen.

4. Vergleich der beiden Analysenmethoden

Die Checklistenmethode erfordert einen relativ geringen Einarbeitungs- und Auswertungsaufwand, da ihre Fragestellung einfa-

cher als die Risikoanalyse mit Hilfe von logischen Modellen ist und detaillierte Bewertungsvorgaben für die technischen Einrichtungen beinhaltet. Letzteres verlangt entsprechende vorbereitete Arbeitsmaterialien, die auf einzelne Technologien spezialisiert sind. Damit wird die Anwendungsbreite eingeschränkt.

Die Aussage ist entsprechend der einfacheren Fragestellung bei der Checklistenmethode weniger präzise als bei der Fehlerbaummethode, entspricht aber den Anforderungen für die Beurteilung von im Betrieb befindlichen Anlagen.

Die Risikoanalyse mit Hilfe logischer Modelle, d. h. die Fehlerbaummethode, liefert entsprechend dem höheren Aufwand detailliertere Aussagen. Sie ist so flexibel, daß sie auch ohne Vorarbeiten auf alle Staub- und Explosionsschutztechnologien der Land- und

Landtechnische Dissertationen

Am 3. Oktober 1983 verteidigte Dr.-Ing. Wolfgang Richter, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, an der Technischen Universität Dresden, Fakultät für Maschinenwesen, erfolgreich seine Dissertation B zum Thema „Beitrag zur Weiterentwicklung der Produktionsorganisation bei der spezialisierten landtechnischen Instandsetzung am Beispiel der Demontage- und Montageprozesse in der Dieselmotoreninstandsetzung“

Gutachter:

Prof. Dr. oec. K.-H. Richter, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Prof. Dr. oec. F. Macher, Technische Universität Dresden

Prof. Dr. sc. techn. G. Ihle, Technische Universität Dresden

Prof. Dr. sc. techn. H. Zeidler, Ingenieurhochschule Zwickau.

Die Arbeit leistet einen Beitrag zum Erkenntnisfortschritt über die Gründe, Möglichkeiten und Ansatzpunkte zur Entwicklung einer neuen Qualität der Arbeit im Bereich der spezialisierten landtechnischen Instandsetzung.

Auf der Grundlage technisch-technologischer und arbeitswissenschaftlicher Untersu-

chungen wird eine Konzeption für die zukünftige Gestaltung technologischer Strukturen erarbeitet. Diese sind durch eine Abkehr vom Durchlaufprinzip gekennzeichnet. Die Verbindung neuer technischer Lösungen mit der Organisationsform „Nestarbeit“ ergibt weitreichende Möglichkeiten zur Verbesserung der materiellen Arbeitsbedingungen sowie zur Gestaltung progressiver Arbeitsinhalte. Damit wird ein Weg zum effektiveren Einsatz der Hauptproduktivkraft Mensch gezeigt. In diesem Zusammenhang wird vom Verfasser ein Vorschlag zur Vorausbestimmung der zu erwartenden Effekte aus der Nutzung subjektiver Leistungsvoraussetzungen unterbreitet.

Auf der Grundlage der vorgeschlagenen technisch-technologischen Lösung werden ausgewählte Aspekte, die bei der Einführung von Nestarbeit von Beginn an zu berücksichtigen sind, untersucht.

Die notwendig werdende enge Verbindung zwischen technisch-technologischer Entwicklung sowie arbeitswissenschaftlicher, vor allem arbeitspsychologischer Gestaltung ist im Rahmen von Tätigkeitsprojekten zu realisieren.