

Keller Lufttechnik GmbH + Co.KG

Neue Weilheimer Straße 30

73230 Kirchheim unter Teck

Forschungsprojekt zur Entwicklung einer neuartigen Kombination aus einer mobilen Trennwand und einer modularen Absaug- und Luftreinigungseinrichtung zur Realisierung eines effizienten, universell einsetzbaren Lüftungssystems mit hoher Wirktiefe und geringem Energieverbrauch

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 34890/01-21 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Von

Morris Koch (B.Eng.)

Tobias Kottmann (M.Eng.)

Chengang Qian (M.Eng.)

März 2021



Keller Lufttechnik GmbH + Co.KG

Neue Weilheimer Straße 30

73230 Kirchheim unter Teck

Forschungsprojekt zur Entwicklung einer neuartigen Kombination aus einer mobilen Trennwand und einer modularen Absaug- und Luftreinigungseinrichtung zur Realisierung eines effizienten, universell einsetzbaren Lüftungssystems mit hoher Wirktiefe und geringem Energieverbrauch

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 34890/01-21 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

Von

Morris Koch (B.Eng.)

Tobias Kottmann (M.Eng.)

Chengang Qian (M.Eng.)

März 2021

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt – Seite 1			
Az	34890	Referat	21	Fördersumme	100.000 €
Antragstitel		Entwicklung einer neuartigen Kombination aus einer mobilen Trennwand und einer modularen Absaug- und Luftreinigungseinrichtung			
Stichworte					
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
18 Monate	29.01.2019	31.07.2020			
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger		Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG		Tel	+49 (7021) 574-281
		Neue Weilheimer Str. 30 73230 Kirchheim		Fax	
				Projektleitung	Herr Norbert Frank
				Bearbeiter	Herr Norbert Frank
Kooperationspartner					
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Der innovative Kern des geplanten FuE-Projektes liegt in der Realisierung einer sehr flachen, kompakten und universell einsetzbaren Absaug- und Luftreinigungslösung, die als mobile Absaugwand die Funktionen einer Trennwand (Raumtrennung, Sicht- und Schallschutz) aufweist sowie einfach und flexibel am Arbeitsplatz aufgestellt werden kann. Die Mobilität und kompakte Gestaltung soll dabei ein zielgerichtetes Positionieren der Absaugwände zueinander im Sinne eines Raum-im-Raum-Konzeptes ermöglichen und dadurch den Vorteil bieten, eine besonders effektive und effiziente Luftführung zu realisieren.</p> <p>Die Luftführung erfolgt dabei nach dem von der Berufsgenossenschaft empfohlenen Prinzip der Schicht- bzw. Verdrängungslüftung, d. h. die verunreinigte Luft wird am Kopf bzw. an der Oberseite der Absaugwand abgesaugt und durch den Boden und/oder den Seiten wieder dem Arbeitsraum zugeführt. Durch die optimale Gestaltung der Ein- und Auslässe sowie eine gezielte Anordnung der Absaugwände zueinander soll eine besonders große Wirktiefe und eine maximale Verdrängung der verunreinigten Luft aus dem Arbeitsraum mit gereinigter Luft erreicht werden. Dadurch sollen die notwendigen Absaugvolumenströme wesentlich reduziert und in der Folge auch der Energieverbrauch erheblich vermindert werden können. Es werden Effizienzsteigerungen um bis zu 30% angestrebt.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
Die geplante Vorgehensweise sieht folgende Bearbeitungsschritte vor:					
1 Anforderungsanalyse und Projektplanung					
Im ersten Schritt werden die Anforderungen verschiedener Stakeholder und gewünschte Produktspezifikationen erarbeitet. Die vorhandenen Erfahrungen und Vorarbeiten aus anderen Projekten werden gesichtet und auf Übertragbarkeit für das geplante Vorhaben bewertet. Ein vollständiger Projektplan wird erstellt.					
2 Entwicklung der modularen Absaugwand in drei konsekutiven Ausbaustufen					
Für die unterschiedlichen Ausbaustufen werden modulare Lösungskonzepte für die Kombination der unterschiedlichen Filtertechnologien entwickelt. Für die elektrostatische Filterstufe können Aussagen über die Wirtschaftlichkeit und Durchführbarkeit durch numerische Simulationen gewonnen werden. Bei der Abscheidung mit Filterelementen sowie bei der Gasphasenabscheidung müssen die erforderlichen Daten aus experimentellen Versuchen im Prüfstand gewonnen werden.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

06/07		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt – Seite 2			
Az	34890	Referat	21	Fördersumme	100.000 €
<p>Insbesondere für die Kombinationen der unterschiedlichen Filtertechnologien können tragfähige Aussagen über die GesamtfILTERleistung und die erforderlichen Absaugvolumenströme nur empirisch im Rahmen der experimentellen Entwicklung ermittelt werden. Es muss ein entsprechender Versuchsprüfstand entwickelt und aufgebaut werden. Basierend auf den experimentell gewonnenen Ergebnissen erfolgt eine verfahrenstechnische Optimierung der Filtertechnologien. Schwachstellen in der Konstruktion der Einzelkomponenten und Baugruppen des Systems werden mittels Design-FMEA untersucht und frühzeitig beseitigt. Es werden externe Produktdesigner hinzugezogen, um möglichst frühzeitig im Entwicklungsprozess Aspekte der Ergonomie, Funktionalität und Bedienbarkeit berücksichtigen zu können.</p> <p>3 Entwicklung eines energieeffizienten Anordnungskonzeptes Bei der Entwicklung des Anordnungskonzeptes gilt es verschiedene Parameter anwendungsgerecht aufeinander abzustimmen. Für die jeweiligen Anwendungsbereiche (z. B. Schweißplatz, Produktionshalle, Büro, U-Bahnhof etc.) betrifft dies insbesondere die erforderliche Anzahl und die Positionierung der Absaugtrennwandeinheiten, die Positionierung der Absaugwände und Trennwandeinheiten zueinander, die Geometrie und Lage der Ein- und Auslässe an der Absaugwand sowie die lufttechnische Dimensionierung. Mittels Strömungssimulationen soll ein adäquates Konzept entwickelt werden, das durch die optimale Wahl der Parameter eine maximal effiziente Erfassung der verunreinigten Raumluft ermöglicht. Nachdem die optimale Geometrie und Lage der Ein- und Auslässe an der Absaugwand festgelegt wurden, erfolgt der Bau der erforderlichen Funktionsmuster in den jeweiligen Ausbaustufen.</p> <p>4 Inbetriebnahme und Funktionstest unter Laborbedingungen (intern) Es folgt der Aufbau und die Inbetriebnahme einer Versuchsanlage unter kontrollierten Bedingungen im eigenen Haus. Die möglichen Anwendungssituationen sollen dabei möglichst realitätsnah nachgestellt werden. Das entwickelte Anordnungskonzept und die Filterleistung werden dann im Rahmen umfangreicher Funktionstests evaluiert. Mit der Auswertung der experimentell gewonnenen Ergebnisse werden Optimierungspotentiale als Grundlage für ein Redesign der Einzelkomponenten und Baugruppen abgeleitet. Dieser iterative Entwicklungsprozess wird fortgesetzt bis eine tragfähige Lösung vorliegt. Nach Abschluss der Funktionstests wird das Pflichtenheft um die erzielten Ergebnisse ergänzt.</p> <p>5 Prototypenbau und Durchführung von Feldtests unter realen Bedingungen Der erfolgreiche Abschluss der Funktionstests unter Laborbedingungen ist die Grundlage für die Weiterentwicklung der Funktionsmuster zu marktnahen Prototypen. Hierbei spielt erneut die Berücksichtigung eines anwendungsgerechten Designs eine wesentliche Rolle, da sich die Anforderungen an das Design der Absaugwände, z. B. für den Einsatz in Produktionshallen oder im Großraumbüro, wesentlich unterscheiden können. Es folgen der Aufbau und die Inbetriebnahme der Prototypen bei Testkunden in ausgewählten Anwendungsbereichen. Nach der Definition der Versuchsbedingungen und -parameter werden umfangreiche Feldtests unter realen Bedingungen durchgeführt. Im Anschluss an die erfolgreiche Evaluierung des Gesamtsystems erfolgen die interne Produktübergabe und der Abschluss des FuE-Projektes.</p> <p>6 Technische Dokumentation und Berichterstellung Projektbegleitend erfolgen die Dokumentation sämtlicher Ergebnisse und Auswertungen sowie die Berichterstellung.</p> <p>Ergebnisse und Diskussion</p> <p>Erst nach Projektende</p> <p>Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation</p> <p>Erst nach Projektende</p> <p>Fazit</p> <p>Erst nach Projektende</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Borsau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					



Inhalt

Zusammenfassung	6
Ausgangssituation und Ziele des Projekts.....	7
1 Vorentwicklung, Anforderungsanalyse und Projektplanung	10
1.1 Grundlegende Idee für Feinstaubabsaugwand „AmbiWall“	10
1.2 Stand der Technik und Wettbewerbssituation	11
1.3 Auswertung der Vorarbeiten und Risikoanalyse	12
1.4 Erstellung eines Lasten- und Pflichtenhefts.....	14
2 Entwicklung der modularen Absaugwand in drei konsekutiven Ausbaustufen	16
2.1 Entwicklung modularer Lösungsvarianten für die kompakte Kombination unter- schiedlicher Filterkonzepte	16
2.2 Modellierung, Berechnung, Durchführung von Strömungssimulationen für einstufige Filter oder Kombinationen (PA; EA; PA+GA; EA+GA).....	19
2.3 Untersuchung zur Filterleistung und verfahrenstechnische Optimierung der Filtertechnologien	22
3 Entwicklung eines energieeffizienten Anordnungskonzepts	28
3.1 Entwicklung eines systematischen Konzepts zur optimalen Positionierung der Absaugwände unter Berücksichtigung der Trennwandfunktionalität.....	28
3.2 Durchführung von Strömungssimulationen zur Verifizierung und Optimierung des Anordnungskonzepts	29
4 Inbetriebnahme und Funktionstest unter Laborbedingungen (Intern)	30
4.1 Bau von Funktionsmustern der Absaugwand in allen drei Ausbaustufen	30
4.2 Aufbau und Inbetriebnahme der Funktionsmuster	30
4.3 Redesign der Komponenten.....	33
4.4 Durchführung umfangreicher Funktionstests unter kontrollierten Bedingungen	35
5 Prototypenbau und Durchführung von Feldtests unter realen Bedingungen (Extern)....	37
5.1 Weiterentwicklung des Funktionsmusters zu einem marktnahen Designprototypen.....	37
5.2 Durchführung umfangreicher Feldtests unter realen Bedingungen	39
5.3 Evaluierung des Gesamtsystems	40
6 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse.....	41
7 Fazit	42
8 Literaturverzeichnis	43
9 Anhänge	44



Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Ideenskizze der AmbiWall	10
Abbildung 2: Auszug aus Business Opportunity Analysis.....	11
Abbildung 3: Auszug aus kaufmännischer Markt- und Risikoanalyse	12
Abbildung 4: Beispiel einer CFD-Simulation zum Schichtlüftungsprinzip	13
Abbildung 5: Auszug aus Lastenheft AmbiWall	14
Abbildung 6: Beispielabbildungen KLR-Filter	15
Abbildung 7: CAD-Entwurf der AmbiWall mit Speicherfilter	17
Abbildung 8: CAD-Entwurf der AmbiWall mit Elektrofilter und Abscheidemodul (links)	17
Abbildung 9: Weiterentwicklung des Elektromoduls mit mehrfacher Umlenkung der Luftströmung	18
Abbildung 10: Schematische Darstellung des aktiven Ionisationsbereichs	19
Abbildung 11: Abscheidegrad in Bezug zur Ionisationszeit für Abscheidepaket (rechts)	20
Abbildung 12: Ausschnitt CFD-Simulation des elektrostatischen Abscheiders	21
Abbildung 13: CAD-Entwurf des ersten Prototyps für den Partikelabscheider	22
Abbildung 14: CAD-Zeichnung des Prüfstands für das E-Abscheidepaket.....	23
Abbildung 15: Aufstellungssituation des E-Abscheider-Prüfstands.....	23
Abbildung 16: Vergleich Berechnungs- (Kurve) und Messwerten (Punkte) des Abscheidegrads.....	24
Abbildung 17: Modell des E-Abscheidepakets mit zusätzlichem Lochblech	24
Abbildung 18: Beispiel Abscheidegradmessung ohne (links) und mit (rechts) zusätzlichem Lochblech	25
Abbildung 19: Überschlagsspuren im Ionisationsbereich	25
Abbildung 20: Gleichmäßige Beschichtung von Ionisator und Kollektor durch Partikel	26
Abbildung 21: Auszug Simulation des Anordnungskonzepts.....	29
Abbildung 22: Explosionsansicht Funktionsmuster und Rahmenkonstruktion Speicherfilter	30
Abbildung 23: Aufzeichnung Differenzdruck Funktionsmuster Speicherfilter	31
Abbildung 24: Schematischer Testaufbau Klopfeinrichtung	32
Abbildung 25: Abgeschiedene Aerosole auf Filterelement.....	32
Abbildung 26: Auszug von 3 Designrichtungen für Indoor-Anwendung	33
Abbildung 27: Auszug Designentwürfe Outdoor-Anwendung	34
Abbildung 28: Finales Design der AmbiWall	34
Abbildung 29: Volumenstrommessung und Test der LED-Differenzdruckanzeige	35
Abbildung 30: Druckverlustmessung der Aktivkohlefiltermatte	36
Abbildung 31: CAD-Modell AmbiWall in finalem Design und Explosionsansicht	37
Abbildung 32: Innenaufbau der AmbiWall.....	38
Abbildung 33: Designprototyp der AmbiWall in der Fertigung	40
Tabelle 1: Auszug schematische Darstellung Anordnungskonzepte AmbiWall	28
Tabelle 2: Betriebszustände LED-Statusanzeige.....	39

Formelzeichen-, Index- und Abkürzungsverzeichnis

ASGW	Allgemeiner Staubgrenzwert
BOA	Business Opportunity Analysis
CAD	Computer Aided Design
CFD	Computational Fluid Dynamics – numerische Strömungsmechanik
CRM	Customer Relationship Management
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DVS	Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren (DVS) e.V.
EA	Elektroabscheider
FuE	Forschung und Entwicklung
GA	Gasphasenabscheider
IT	Informationstechnik
KLR	Keller Long Run
kV	Kilovolt
m	Meter
mm	Millimeter
m ²	Quadratmeter
m ³ /h	Kubikmeter pro Stunde
PA	Partikelabscheider
s	Sekunde
TRGS	Technische Regeln für Gefahrstoffe

Zusammenfassung

Der innovative Kern des geplanten FuE-Projektes liegt in der Realisierung einer sehr flachen, kompakten und universell einsetzbaren Absaug- und Luftreinigungslösung in mehreren Ausbaustufen, die als mobile Absaugwand die Funktionen einer Trennwand (Raumtrennung, Sicht- und Schallschutz) aufweist sowie einfach und flexibel am Arbeitsplatz aufgestellt werden kann. Die Mobilität und kompakte Gestaltung soll dabei ein zielgerichtetes Positionieren der Absaugwände zueinander im Sinne eines Raum-im-Raum-Konzeptes ermöglichen und dadurch den Vorteil bieten, eine besonders effektive und effiziente Luftführung zu realisieren.

Die Absaugwand trägt dabei in mehrfacher Form zu einer Verbesserung der aktuellen Umweltsituation bei: Durch die zielgerichtete Luftführung und geringe Ansaugvolumenströme wird eine Effizienzsteigerung und ein geringerer Energieverbrauch beim Produkt erreicht und gleichzeitig die Geräuschemission verringert. Zusätzlich ergibt sich durch das Prinzip der Schichtlüftung, im Vergleich zu Abluflösungen, eine Einsparung von Heizkosten. Durch den Einsatz kombinierter Filtertechnologien werden Schadstoffimmission und Geruchsbelastung für Mensch und Umwelt verringert. Zuletzt sollten vorhandene Ressourcen durch ein regenerierbares System geschont werden.

Im Wesentlichen soll durch die neue Bauform, die Modularität und ein ansprechendes Design eine universell einsetzbare Lösung – zunächst für industrielle Anwendungen bzw. produzierendes Gewerbe – geschaffen werden, die in allen Bereichen, in denen Luftqualität und räumliche Abtrennungen eine Rolle spielt, eingesetzt werden kann. Dazu zählen unter anderem (Großraum-) Büros oder öffentliche Einrichtungen. Im Rahmen der Entwicklung wird die Absaugwand zunächst dem klassischen Kundenstamm von Keller Lufttechnik angeboten und parallel dazu ein Diversifizierungskonzept entwickelt, um Zugang zu neben dem produzierenden Gewerbe bisher nicht bedienten Märkten zu erhalten.

Dieses Projekt der Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG wurde durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt mit bis zu 24,14 % der Gesamtkosten gefördert.

Ausgangssituation und Ziele des Projekts

In Räumlichkeiten von Produktionsbetrieben (z.B. Fabrikhallen) gelangen aufgrund der ablaufenden Bearbeitungsprozesse Verunreinigungen und Schadstoffe in die Raumluft, die für dort arbeitende Menschen gesundheitsgefährdend sind und zum Teil auch eine Gefahrenquelle (z.B. Staubexplosionen) darstellen können. Zur auftretenden Luftbelastung zählen insbesondere Staub- oder Flüssigaerosole sowie gasförmige Luftverunreinigungen, die beispielsweise bei der Verarbeitung von Metallen, Holz, Kunststoffen, Papier, Lebensmitteln oder Textilien entstehen können. Ein typisches Beispiel sind Betriebe, in denen Metalle geschweißt werden. Dort gelangen während des Schweißens kleine Feststoffpartikel und dampfförmige beziehungsweise flüssige Verunreinigungen, wie etwa Ölnebel, in die Raumluft.

Um Personen, die diesen Schadstoffen ausgesetzt sind, besser zu schützen, wurde im Februar 2014 vom Gesetzgeber der allgemeine Staubgrenzwert (ASGW) für die alveolengängige Staubfraktion in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) von 3 mg/m³ auf 1,25 mg/m³ abgesenkt.

Zur Vermeidung gesundheitsschädlicher Folgen aufgrund erhöhter Schadstoffimmissionen wird in Betrieben der verarbeitenden Industrie die Raumluft standardmäßig durch Absaug- und Luftreinigungsanlagen von möglichst vielen Schadstoffen befreit. Hierbei haben sich je nach Anwendungsfall unterschiedliche Lösungen etabliert. Im Idealfall werden die im Arbeitsprozess entstehenden Schadstoffe bereits direkt am Ort des Entstehens über eine sogenannte Punktabsaugung erfasst, gefiltert und die reine Luft wieder der Arbeitsumgebung zugeführt. Wenn die Schadstoffe durch eine Punktabsaugung nicht ausreichend erfasst werden können oder eine punktuelle Absaugung zum Beispiel aufgrund häufig wechselnder Schweißpositionen oder großer Werkstücke nicht praktikabel ist, kommen ergänzend auch zentrale, großflächige Absauglösungen für die Hallenlüftung zum Einsatz.

Durch geeignete Luftführung nach den Prinzipien der Mischlüftung, bei der sich der Luftauslass zur Durchmischung der Hallenluft im oberen Hallenbereich befindet, und / oder der Schichtenlüftung, bei der sich der Luftauslass in Bodennähe befindet, um die schadstoffbelastete Luft nach oben zu verdrängen, kann die Effizienz der Systeme deutlich verbessert werden. In letzter Zeit haben sich bodennahe Absauglösungen nach dem Prinzip der Schichtenlüftung zur Erhöhung der Flexibilität etabliert. Mit sogenannten Filtertürmen wird die schadstoffbelastete Raumluft oberhalb des Atembereichs der tätigen Menschen erfasst und gereinigt in Bodennähe zugeführt. Ein Nachteil dieser großflächigen Absauglösungen mittel Filtertürmen besteht darin,



dass sie meist permanent betrieben werden und aufgrund der notwendigen hohen Absaugvolumenströme mit leistungsstarken Ventilatoren ausgestattet werden, die einen entsprechend hohen Energieverbrauch aufweisen. Zudem wird die Raumluft prinzipiell nur lokal begrenzt abgesaugt, wodurch keine allzu hohen Wirtiefen erzielt werden können. Dies kann jedoch beispielsweise durch verstärkte Mischlüftung oder höhere Absaugvolumenströme mit einem entsprechend höheren Energieverbrauch kompensiert werden. Daher stellt die Verringerung des Absaugvolumenstroms bei gleichbleibender Wirtiefe ein großes Potenzial zur Energieeinsparung dar, welches im Rahmen des geplanten Vorhabens realisiert werden soll.

Das Ergebnis einer durchgeführten Marktanalyse zeigt, dass für die oben genannte Problemstellung keine adäquate Lösung in Form eines Absaugsystems, das zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen und Einhaltung der gesetzlich vorgeschriebenen Staubgrenzwerte am Arbeitsplatz beiträgt und dabei alle der nachfolgenden Eigenschaften auf sich vereint, am Markt verfügbar ist:

- Sehr hoher Abscheidegrad durch kombinierte Filtertechnologien
- energieeffizient
- universell einsetzbar
- kompakt
- fahrbar
- Trennwandfunktion

Daraus resultiert die Idee, eine wandförmige, mobile Absaug- und Luftreinigungslösung zu entwickeln, die den identifizierten Anforderungen gerecht wird und sich zudem als „Trennwand“ im Raum integrieren lässt. Durch die Bauweise und Mobilität soll eine flexibel auf den vorhandenen Arbeitsplatz angepasste Positionierung und eine im Sinne eines Raum-in-Raum-Konzepts zielgerichtete Ausrichtung mehrerer Trennwände zueinander ermöglicht werden. Dadurch bietet sich der Vorteil, dass eine besonders effektive und effiziente Luftführung realisiert werden kann. Die Luftführung erfolgt dabei nach dem von der Berufsgenossenschaft empfohlenen Prinzip der Schicht- beziehungsweise Verdrängungslüftung. Das heißt, dass die verunreinigte Luft an der Oberseite der Absaugwand angesaugt und nach der Reinigung an den Seiten in Bodennähe wieder dem Arbeitsraum zugeführt wird. Durch die optimale Gestaltung der Ein- und Auslässe sowie einer gezielten Anordnung der Absaugwände zueinander soll eine sehr große Wirtiefe und maximale Verdrängung der verunreinigten Luft aus dem Arbeitsraum durch gereinigte Luft erreicht werden. Dadurch sollen die notwendigen Absaugvolumenströme



wesentlich reduziert und in der Folge auch der Energieverbrauch erheblich vermindert werden können. Es werden Effizienzsteigerungen um bis zu 30 Prozent angestrebt.

Die Absaugwände sollen in drei Ausbaustufen realisiert werden. Die erste Ausbaustufe stellt eine kostengünstige Variante mit speichernden Partikelfiltern dar und ist für den Einsatz bei trockenen Verunreinigungen vorgesehen. In der zweiten Ausbaustufe sollen Partikelfilter oder Elektroabscheider mit integrierter Abreinigung der Filterelemente eingesetzt werden, wodurch deutlich höhere Standzeiten erreicht werden können. Diese Ausbaustufe ist für den Einsatz bei trockenen und / oder flüssigen Verunreinigungen vorgesehen. Die dritte Ausbaustufe soll zusätzlich mit einem Abscheider für Kohlenwasserstoffe aus der Gasphase ausgestattet werden. Die Abscheidung erfolgt über Aktivkohle oder durch photokatalytische Umwandlung.

1 Vorentwicklung, Anforderungsanalyse und Projektplanung

1.1 Grundlegende Idee für Feinstaubabsaugwand „AmbiWall“

Die grundlegende Idee zur Entwicklung der Feinstaubabsaugwand mit dem Produktnamen „AmbiWall“ entstand aus einem Mitarbeitervorschlag zur Reduzierung von Feinstaub in Industriehallen, Handwerksbetrieben oder Büros. In Abbildung 1 ist die eingereichte Ideenskizze zu sehen:

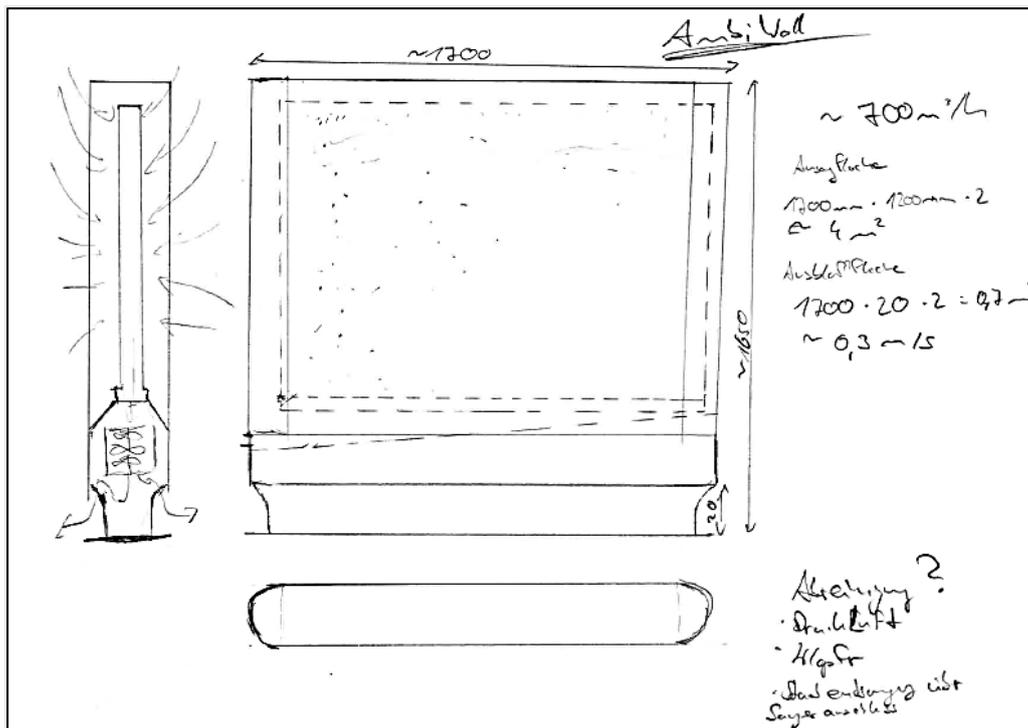


Abbildung 1: Ideenskizze der AmbiWall

Zunächst bestand die Idee darin, durch die AmbiWall eine kostengünstigere und flexiblere Alternative zur Ergänzung des bisherigen Produktportfolios zu bieten. Durch die Umsetzung als Trennwand sollte eine platzsparende Absauglösung entwickelt werden, welche die Arbeitsflächen in Fertigungsbereichen sinnvoll und nur in geringem Maße nutzt. Je nach spezifischer Anforderung war vorgesehen ein universelles Gehäuse für verschiedene Abscheidervarianten nutzbar zu machen.

1.2 Stand der Technik und Wettbewerbssituation

Vor der Durchführung des Projekts wurden die aktuelle Marktsituation und der Stand der Technik genauer betrachtet. Es zeigte sich, dass für die AmbiWall eine von Marktbegleitern bisher nicht beachtete Nische existiert, da sie als Hybrid die Eigenschaften verschiedener Produkte auf sich vereint. Es wurden mögliche Wettbewerbsprodukte, welche die verschiedenen Funktionalitäten erfüllen, wie zum Beispiel Trennwände für Arbeitsbereiche, diverse Filtertürme, Kompaktabscheider sowie Absaugbrenner bzw. Vakuumsauger identifiziert. Ein direkter Vergleich war jedoch nicht möglich, da der Einsatzzweck der AmbiWall aus einer Kombination der technischen Eigenschaften der oben genannten Produktkategorien besteht. Aus dem aktuellen Stand der Technik am Markt konnten jedoch wichtige Informationen zu Zielpreis und –kosten gewonnen werden, die in die weitere Projektplanung einfließen. Als Resultat daraus entstand eine sogenannte „Business Opportunity Analysis“ (BOA), die einen kompakten Überblick über technische und wirtschaftliche Chancen, Risiken sowie Herausforderungen darstellt. In Abbildung 2 ist ein Auszug daraus dargestellt.

Verteiler: <input checked="" type="checkbox"/> Hk <input checked="" type="checkbox"/> Fk <input checked="" type="checkbox"/> Ack <input checked="" type="checkbox"/> Sz <input checked="" type="checkbox"/> Kto <input type="checkbox"/> Fn <input type="checkbox"/>			
BOA⁺ Business Opportunity Analysis Plus			
Projektname	Feinstaub/Schadstoff-Absaugwand		
Entwicklungsnummer	EUK00061		
Antragsteller	Innovationsmanagement		
Erstellungsdatum: 09.05.2018 Fn, Qic, Sz	Anderungsdatum: 29.05.18, 15.06.18	Geändert durch: Kto, Fn	Version: 1.2
Projekt			
Art des Projekts	Produkt		
Kurzbeschreibung	Wandelemente/Trennwände mit integrierter Absaugung und Abscheidung von Feinstaub und gasförmigen Luftverunreinigungen. (Um was geht es?)		
Kundennutzen			
Zu lösendes Kundenproblem	Luftverunreinigungen beseitigen, Schallschutz, Trennung von Arbeitsbereichen,		
Anforderungen / Kundenwünsche	Kompakte und mobile Bauweise		
Kundennutzen / Mehrwert	Alles in einem Gerät, Flexibilität, Energieeinsparung, Werkzeugablage		
Zielpreis (VK)	1000 – 1500 € („normale“ Trennwände kosten je nach Ausführung 100 – 500 €)		
Markt			
Zielmärkte	Industrie und Handwerk in den Industriestaaten, Möglichkeit in Markt für Klein- und mobile Geräte einzudringen → Standardgeräteverkauf, neues Marktpotenzial. (Länder, Branchen, Kundensegmente, Anwendungsgebiete)		
Marktattraktivität	Potenziell jedes Unternehmen, das Schweißarbeitsplätze (oder allgemein zusätzlich Handarbeitsplätze?) besitzt, da überall eine räumliche Trennung und Absaugung erfolgen muss.		
Barrieren für den Markteintritt	Erweiterung des bisherigen Vertriebskonzeptes erforderlich, bisher keine Erfahrungswerte bzgl. Akzeptanz und Preis (Hoher Wettbewerb? Technische Barrieren? Rechtliche Barrieren? Vertriebsweg?) 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input checked="" type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Punkt(e)		
Marktpotential und -größe	Marktgröße nicht direkt bestimmbar, jedoch werden hohe Stückzahlen vermutet, wenn Anzahl Handwerksbetriebe und Zahlen vom WSM (Wirtschaftsverband Stahl- und Metallverarbeitung e.V.) zugrunde gelegt werden (4.900 Stahl- und metallverarbeitende Betriebe in Deutschland mit Umsatz von ca. 83 Mrd. €). 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> Punkt(e)		

Abbildung 2: Auszug aus Business Opportunity Analysis

1.3 Auswertung der Vorarbeiten und Risikoanalyse

Die erstellte Einschätzung der Marktlage, aus der in Absatz 1.2 vorgestellten BOA, wurde durch eine kaufmännische Markt- und Risikoanalyse weiter detailliert und bestätigt.

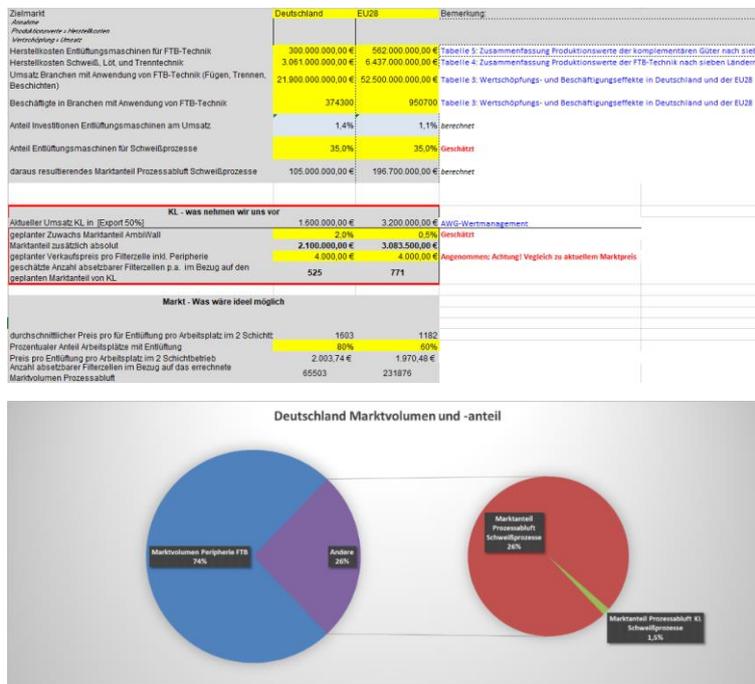


Abbildung 3: Auszug aus kaufmännischer Markt- und Risikoanalyse

Hierbei wurde der Fokus zunächst auf die Marktsituation im Bereich der Schweißrauchprozesse gelegt, da hier die Datenbasis, die zur Erhebung herangezogen wurde, am ausführlichsten war. Eine vom Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. (DVS) in Auftrag gegebene Studie zur wirtschaftlichen Bedeutung verschiedener Fügetechniken und deren Quantifizierung bildete zusammen mit einer ABC-Wertmanagementanalyse der von Keller Lufttechnik abgedeckten Anwendungsgebiete die Grundlagen für die Analyse. Zunächst wurden die laut der Studie ermittelten Produktionswerte mit den Beschäftigtenzahlen der betreffenden Branchen in Verbindung gebracht, um den daraus resultierenden Marktanteil für Prozessabluft bei Schweißprozessen zu ermitteln. Das Ergebnis von 105 Mio. Euro deutschlandweit wurde anschließend mit der Summe des ABC-Wertmanagements für Anwendungsgebiete mit Schweißrauchprozessen bei Keller Lufttechnik in Relation gesetzt. So wurde als Ergebnis ermittelt, dass sich für die AmbiWall ein geschätzter Absatz von ungefähr 525 Stück pro Jahr mit einem Marktanteil von rund 2,1 Mio. Euro bei einem Verkaufspreis von 4.000 Euro ergibt. Bezogen auf die EU28-Staaten ergibt sich eine absetzbare Stückzahl von 771 AmbiWalls.

Zusätzlich zur kaufmännischen Risikoanalyse wurden Voruntersuchungen bezüglich der Strömungsverhältnisse und Wirktiefen im Raum mittels CFD-Simulation durchgeführt. Durch bestehende Produkte aus dem Produktportfolio von Keller Lufttechnik waren bereits Erkenntnisse zur notwendigen Luftführung vorhanden. Somit wurde der Fokus auf Grund der bisherigen Erfahrungen und der Empfehlung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV), auf die Umsetzung des Schichtlüftungsprinzips für die AmbiWall gelegt.

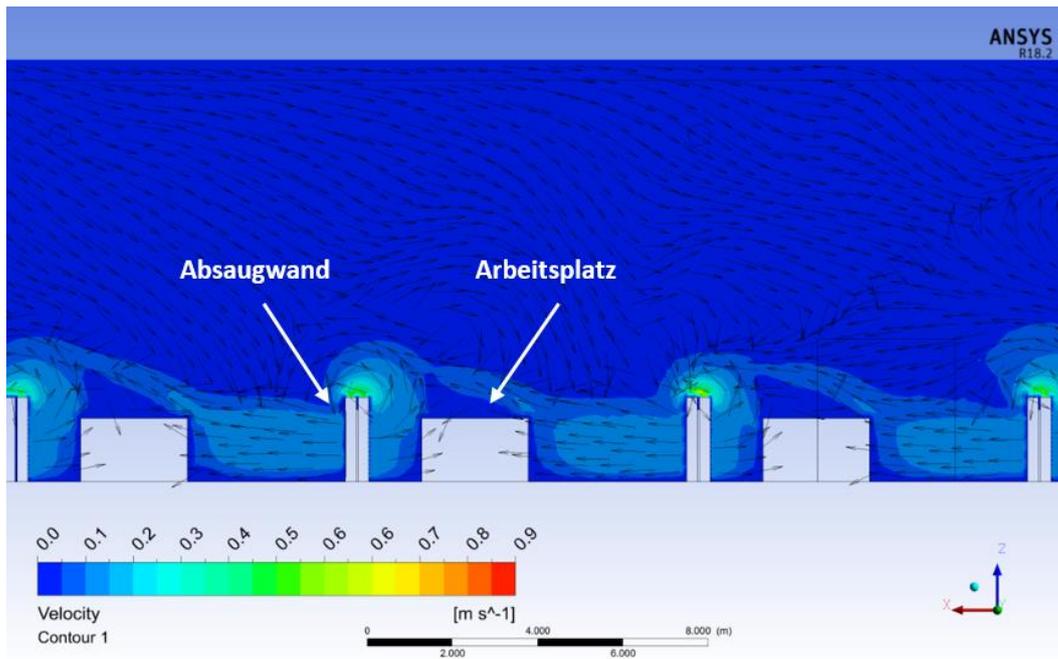


Abbildung 4: Beispiel einer CFD-Simulation zum Schichtlüftungsprinzip

Im Gegensatz zu Zentralabsaugungen oder dezentral platzierten Filtertürmen, steht die AmbiWall näher am entsprechenden Arbeitsplatz, was zu einer Effizienzsteigerung führt. Die verschmutzte Luft wird im oberen Bereich der AmbiWall angesaugt und im unteren Bereich gereinigt und impulsarm dem Arbeitsplatz wieder zugeführt. So wird der Arbeitsbereich, in dem sich Personen befinden, mit sauberer Luft gespült und die verschmutzte Luft nach oben verdrängt, wo sie wiederum von der AmbiWall erfasst wird.

1.4 Erstellung eines Lasten- und Pflichtenhefts

Parallel zur kaufmännischen Risikoanalyse aus Abschnitt 1.3 wurde ein Lastenheft für die Entwicklung der AmbiWall ausformuliert.

F/W	Technische Anforderungen	Soll-Wert	T/A	Toleranzen	Freigabe
	Lufttechnische Anforderungen:				
	Abscheidung	Filterelement KLR 1500/18 oder vergleichbar oder Elektroabscheider)	A		
	Volumenstrom	Technisch maximaler Volumenstrom (Start mit 800m³/h)	A		
	Luftaustrittsgeschwindigkeit Outdoor	Max. 5m/s	A		
	Luftaustrittsgeschwindigkeit Industrie	0,5 -2m/s im Arbeitsbereich (700mm Abstand in 1,5m Höhe)	A		
	Einsatzgebiete / Medien:				
	Zustandsform anfallendes Gut	Aerosole: fest (Staub), flüssig (Nebel), Regentropfen, Keine Insekten (bei Outdoor)	A		
	Max. Rohgasbeladung	Max. 10mg/m³	A		Nicht relevant
	Eigenschaften anfallendes Gut	Brennbar, nicht explosionsfähig	A		
	Konstruktive Anforderungen:				
	ESSA	integriert	A		
	Gehäuse	Industrie: Standfeste robuste Industrieausführung Outdoor: siehe oben. Ggf. Polycarbonat oder Naturfaserplatten/ Holz	A		
	Mobilität	Industrie: Verfahrbar mit Rollen Outdoor: Mit Boden verankert, ggf. Betonsockel	A		
	Abmaße	Höhe: 0,5m – max. 2,5m; Breite 0,5m-max. 2m Tiefe: max. M+H turm (800mm) Outdoor: Prüfung von Freigaberelevanten Bauhöhe	A		
W	Funkenvorabscheidung	Ja bei Industrie: Schweißrauchanwendungen	A		

Abbildung 5: Auszug aus Lastenheft AmbiWall

Wichtiger Bestandteil und zentraler Inhalt des Lastenhefts war mögliches Feedback zur geplanten Produktidee der AmbiWall aus verschiedenen Quellen zu erhalten. Dazu wurden unter anderem Erfahrungen und Meinungen von Stammkunden eingeholt und Projektdokumentationen im Customer Relationship Management (CRM) ausgewertet.

Eine Hauptanforderung des Lastenhefts war, dass in der Partikelabscheider-Variante das von Keller Lufttechnik entwickelte Hochleistungs-Filterelement KLR-Filter® zum Einsatz kommt. Dieses ist in verschiedenen Ausführungen erhältlich, welche sich in Qualität und Eigenschaften des Filtermediums, der Geometrie, hinsichtlich der Einbaulage und Größe der Filterfläche unterscheiden.



Abbildung 6: Beispielabbildungen KLR-Filter

Weitere Informationen zum KLR-Filter finden sich in der im Anhang beigefügten Produktbrochure.

Um über die Projektlaufzeit eine gewisse Flexibilität aufrechterhalten zu können, wurde auf ein Pflichtenheft verzichtet.

2 Entwicklung der modularen Absaugwand in drei konsekutiven Ausbaustufen

2.1 Entwicklung modularer Lösungsvarianten für die kompakte Kombination unterschiedlicher Filterkonzepte

Ein Aspekt der grundlegenden Idee zur Entwicklung der AmbiWall bestand darin, je nach technischer und wirtschaftlicher Anforderung unterschiedliche Filterkonzepte und deren modulare Kombinationen einsetzen zu können. Dadurch sollten zielgerichtete Lösungen für individuelle Prozesse realisiert werden und durch die Modularität zu nachhaltigem Ressourceneinsatz, reduzierten Produktionskosten und einer optimierten Fertigung führen.

Dabei wurden zwei grundsätzliche Abscheidekonzepte erprobt. Zum einen sollte die Filtration durch einen Partikelabscheider mit integriertem Filterelement realisiert werden. Hierbei wird die Luft durch ein Filterelement geführt, an dem die Schmutzpartikel nach dem Prinzip der Oberflächenfiltration abgeschieden werden. Durch das von Keller Lufttechnik entwickelte Filterelement waren bereits im Vorfeld des Projekts detaillierte Kenntnisse und Erfahrungswerte hinsichtlich Abscheideleistung und Standzeit vorhanden. Des Weiteren wurde das Konzept der elektrostatischen Abscheidung näher untersucht. Hierbei werden die im Luftstrom befindlichen Partikel durch eine hochspannungsführende Sprühelektrode elektrostatisch aufgeladen und an einer gegenpolig geladenen Elektrode abgeschieden. Die elektrostatische Abscheidung eignet sich vor allem bei Prozessen, in denen Öl- oder Emulsionsnebel entstehen. Die Konzeption des elektrostatischen Abscheiders sollte nach dem Penney-Prinzip erfolgen.

Zu Projektbeginn waren folgende Ausbauvarianten der AmbiWall vorgesehen:

- Kostengünstige Variante mit speichernden Partikelabscheider (PA)
- Partikelabscheider mit integrierter Abreinigung der Filterelemente für deutlich höhere Standzeiten
- Elektroabscheider (EA) mit integrierter Abreinigung der Filterelemente für deutlich höhere Standzeiten

Zusätzlich sollte für die drei genannten Varianten optional eine Lösung zur Abscheidung von Kohlenwasserstoffen aus der Gasphase (GA) realisiert werden. Dies sollte entweder durch Aktivkohle oder photokatalytische Umwandlung erfolgen.

Partikelabscheider

Ein erster Entwurf für die Speicherfilter-Variante der AmbiWall wurde im CAD erstellt. Im Zentrum stand dabei das bereits erwähnte KLR-Filterelement. Hieraus ergeben sich die Größen- und Platzverhältnisse für Anbauteile, wie zum Beispiel den Ventilator, sowie die Dimensionen für den Lufteintritt und –austritt.

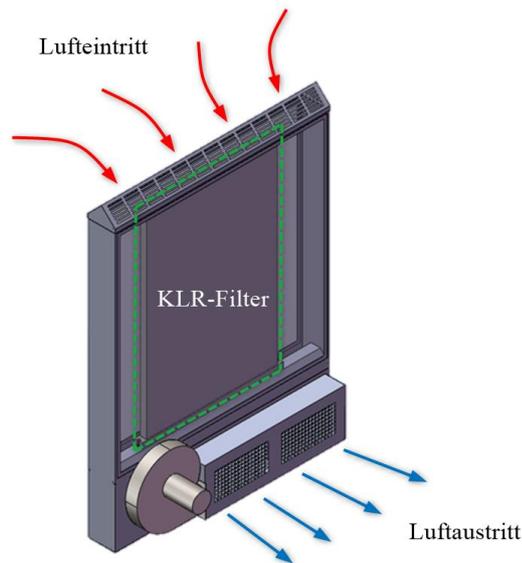


Abbildung 7: CAD-Entwurf der AmbiWall mit Speicherfilter

Elektrostatischer Abscheider

Parallel zur Konzeptionierung der oben erwähnten Speicherfilter-Variante, wurden erste Entwürfe für eine AmbiWall mit elektrostatischem Filtermodul entwickelt.

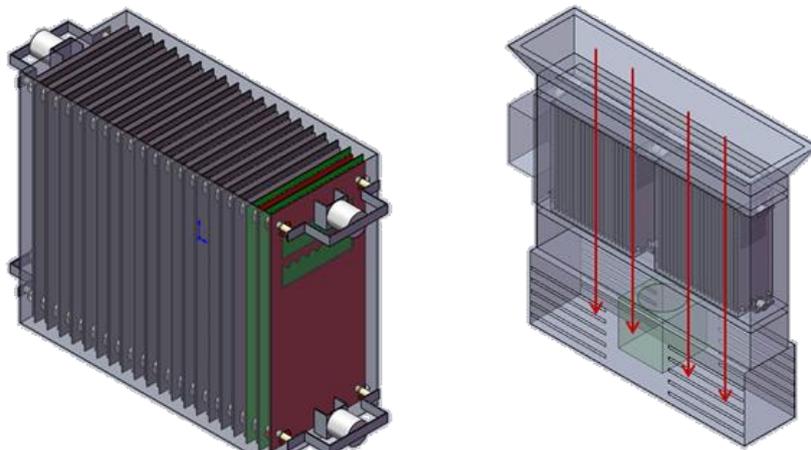


Abbildung 8: CAD-Entwurf der AmbiWall mit Elektrofiter und Abscheidemodul (links)

Die Herausforderung hierbei bestand darin, eine Lösung zu entwickeln, bei der sich die an den Kollektorplatten gesammelten Aerosole nicht durch Luftströmung und Schwerkraft lösen und auf die Reinfluftseite verschleppt werden.

Im ursprünglichen Lösungsansatz sollten mehrfache Umlenkungen der Luftströmung im elektrostatischen Abscheider dafür sorgen, dass ein möglicher Wiedereintritt der abgeschiedenen Aerosole in den gereinigten Luftstrom verhindert wird.

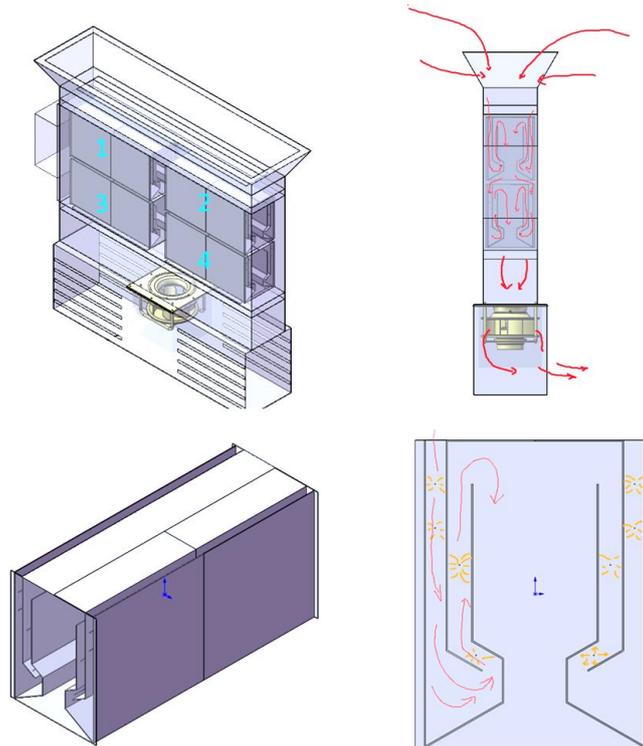


Abbildung 9: Weiterentwicklung des Elektromoduls mit mehrfacher Umlenkung der Luftströmung

2.2 Modellierung, Berechnung, Durchführung von Strömungssimulationen für einstufige Filter oder Kombinationen (PA; EA; PA+GA; EA+GA)

Da bereits umfangreiche Erfahrungswerte zu filternden Abscheidern und dem eingesetzten KLR-Filterelement vorhanden sind, wurden vor allem für die Variante der AmbiWall mit Elektrofilterstufe ausführlichere Berechnungen durchgeführt.

Mathematische Modelle / Lösungsmethode

Zur Auslegung einer elektrostatischen Abscheidestufe werden für das geometrisch festgelegte Elektrodensystem aus hochspannungsführenden und auf Masse gelegten Bauteilen, die Einsatzspannung und die daraus resultierende Stromstärke errechnet. Die Einsatzspannung beschreibt die untere Grenzbetriebsspannung, ab welcher es zu der sogenannten Koronaentladung kommt, die maßgeblich für die Ionisation von Gasmolekülen und Aerosolen ist. Das theoretische Berechnungsmodell bezieht sich auf einen partikelfreien Luftstrom mit dem Ergebnis der maximal erreichbaren Ionendichte, aus welcher auf die Partikelladung geschlossen werden kann. Anhand dieser realisierbaren Partikelladung lassen sich die Dimensionen für den Kollektor ermitteln. In Abhängigkeit der anliegenden Betriebsspannung lässt sich die Gassenbreite, welche den Abstand zwischen hochspannungsführenden und geerdeten Kollektorplatten beschreibt, die Kollektorfläche in m^2 und die notwendige Verweilzeit in den entsprechenden Auflade- und Abscheidezonen errechnen.

Im Ionisator wurde zur Ermittlung der Ionisationszeit ein aktiver Aufladebereich mit dem Querschnitt $29 \times 5\text{mm}$ angenommen. Diese Annahme war notwendig, da die Berechnungsgrundlage auf einem Rohrelektroabscheider basiert und die geplante Ionisatorgeometrie entsprechend abgewandelt ist.

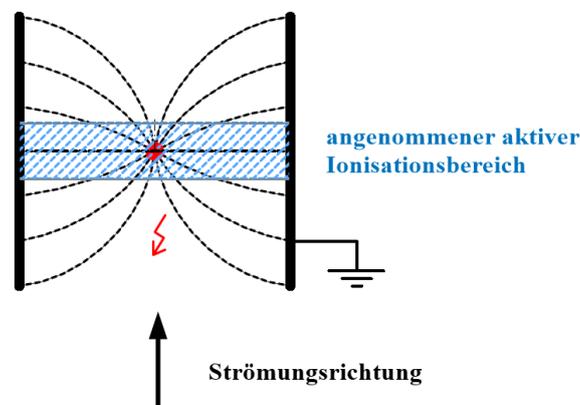


Abbildung 10: Schematische Darstellung des aktiven Ionisationsbereichs

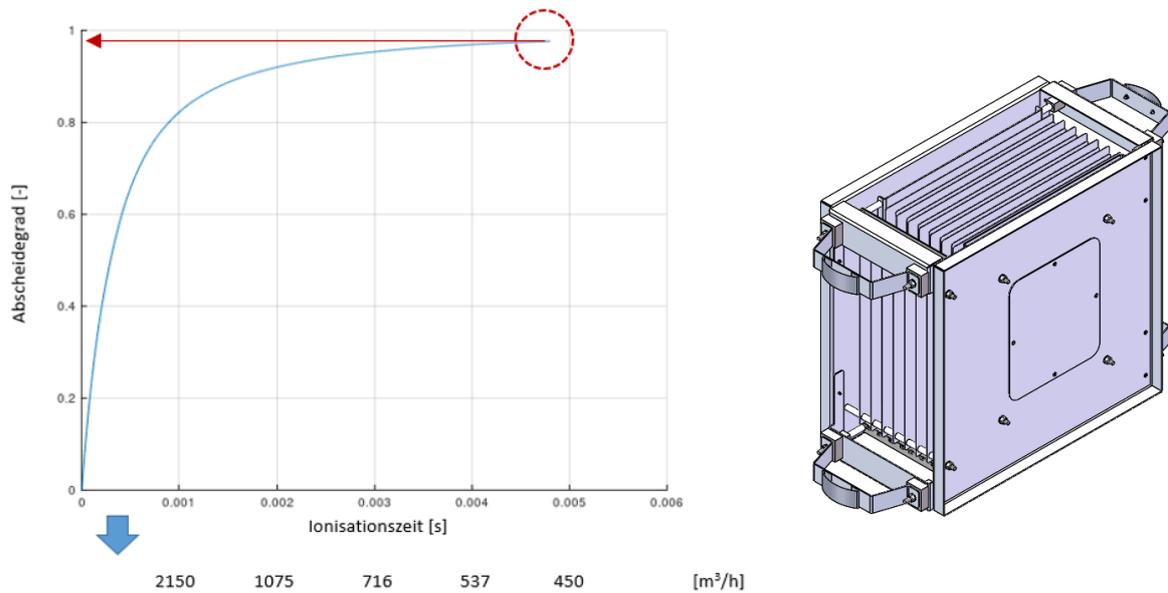


Abbildung 11: Abscheidegrad in Bezug zur Ionisationszeit für Abscheidepaket (rechts)

Folgende Werte wurden für das Abscheidepaket festgelegt und errechnet:

- Gesamtabscheidefläche: 2,88 m²
- Gesamtdrahtlänge: 3,44 m
- Drahtdurchmesser: 0,5 mm
- Abstand Kollektor- zu Feldelektroden: 14 mm
- Betriebsspannung 10 kV
- Volumenstrom 450 m³/h
- Ionisationszeit 0,005 s
- Erzielbarer Abscheidegrad 97% bei
 - o Ölnebel
 - o Dichte 900 kg/m³
 - o Tropfendurchmesser 0,1 µm
 - o Massenkonzentration 5 mgm³

Parallel zu den Berechnungen zur Auslegung der Abscheidestufen wurden anhand einer CFD-Simulation Entwürfe für die elektrostatische Abscheidervariante der AmbiWall hinsichtlich gleichmäßiger Strömungsverhältnisse geprüft. Eine gleichmäßige Strömungsgeschwindigkeit innerhalb der Abscheidepakete ist maßgeblich für das Erreichen des errechneten Abscheidegrades. Bereiche mit erhöhten Strömungsgeschwindigkeiten führen auf Grund zu geringer Kontaktzeiten zu unzureichender elektrostatischer Ladung der Aerosole und somit zu einer Verringerung der Abscheideleistung.

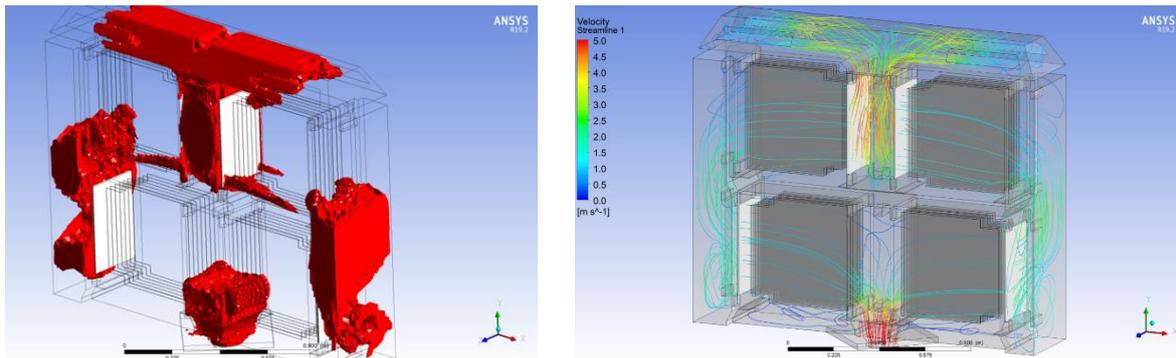


Abbildung 12: Ausschnitt CFD-Simulation des elektrostatischen Abscheiders

2.3 Untersuchung zur Filterleistung und verfahrenstechnische Optimierung der Filtertechnologien

Partikelabscheider

Für die Variante des Partikelabscheiders wurde ein erster CAD-Entwurf mit der KLR-Filterplatte als zentralem Element erstellt.

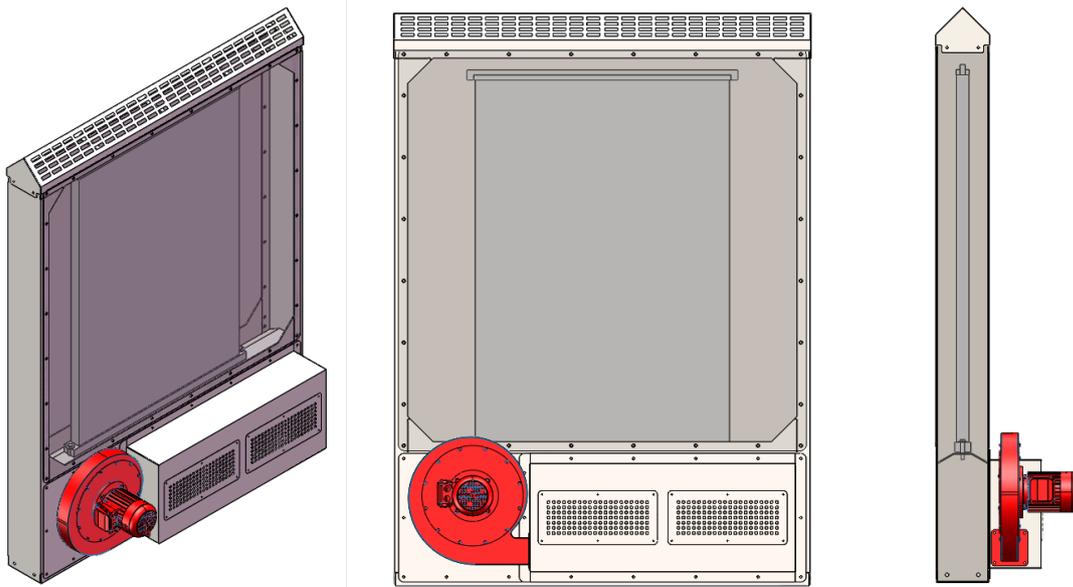


Abbildung 13: CAD-Entwurf des ersten Prototyps für den Partikelabscheider

Da die Filterleistung der KLR-Filterelemente für das geplante Anwendungsgebiet bereits bekannt ist, wurde an dieser Stelle auf Voruntersuchungen zur Partikelabscheidung verzichtet und direkt der Bau eines vereinfachten Funktionsmusters geplant. Weitere Details werden in Kapitel 4.1 beschrieben.

Elektrostatischer Abscheider

Bevor der Bau eines Prototyps für den elektrostatischen Abscheider erfolgen konnte, musste die theoretisch bestimmte Abscheideleistung in einem Praxistest verifiziert werden. Aus diesem Grund wurde für die experimentelle Ermittlung der berechneten Abscheideleistung ein Prüfstand für ein einzelnes E-Abscheidepaket mit einem Volumenstrom von 400 bis 500 m³/h gebaut. Der angestrebte Volumenstrom für den nachfolgenden Prototyp sollte beim Einsatz von zwei Abscheidepaketen zwischen 800 und 1000 m³/h liegen.

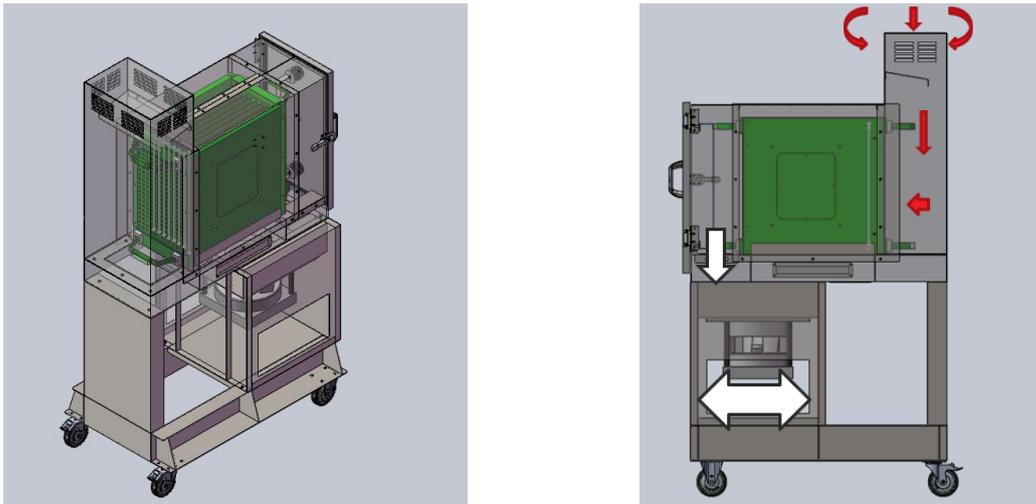


Abbildung 14: CAD-Zeichnung des Prüfstands für das E-Abscheidepaket

Die Strömungssituation des Prüfstands für Luftzuführung, Umlenkung und Ausblas wurde so ausgelegt, wie sie später im geplanten Prototyp realisiert werden sollte.

Der Prüfstand wurde in der hauseigenen Produktion an Schweißarbeitsplätzen platziert, um Erkenntnisse über das Abscheideverhalten sowie die Standzeit bei der Absaugung von Schweißrauch zu erhalten.



Abbildung 15: Aufstellungssituation des E-Abscheider-Prüfstands

Zur Ermittlung des Abscheidegrades in Echtzeitmessung wurde ein Hand-Laserphotometer mit Streulichtmessung eingesetzt. Die Messung wurde parallel an den beiden in Abbildung 15 dargestellten Messpunkten durchgeführt, um auch lokale Konzentrationsspitzen erfassen zu können.

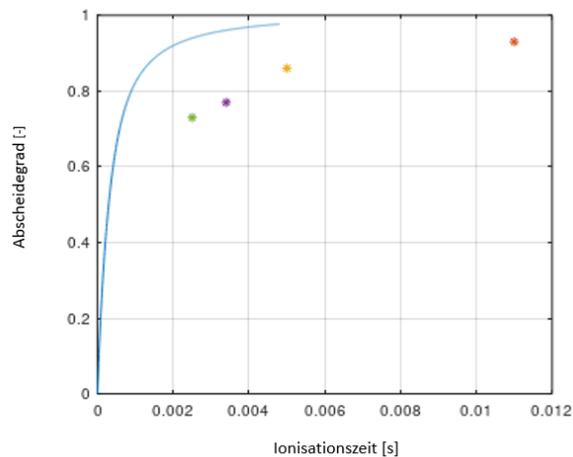


Abbildung 16: Vergleich Berechnungs- (Kurve) und Messwerten (Punkte) des Abscheidegrads

In Abbildung 16 ist der gemessene Abscheidegrad für unterschiedliche Ionisationszeiten mit farbigen Punkten gekennzeichnet. Es ist zu erkennen, dass die theoretisch bestimmten Werte nicht erreicht werden. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Strömungsverhältnisse im Prüfstand, abweichend zu den Ergebnissen der CFD-Simulation nicht ausreichend gleichmäßig sind und die Ionisation somit ungenügend ist. Um dem entgegenzuwirken wurde an der Luftzuführung in das Abscheidepaket ein zusätzliches Lochblech angebracht, welches einen Strömungswiderstand generiert und somit die Luftverteilung optimiert.

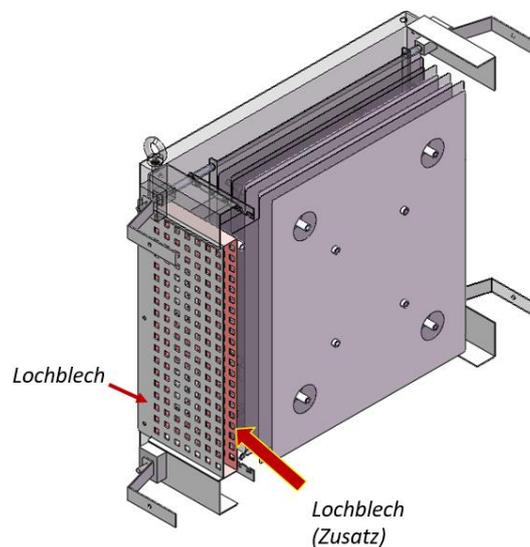


Abbildung 17: Modell des E-Abscheidepakets mit zusätzlichem Lochblech

Nach dem Umbau wurde eine weitere Messung mit Testlauf bei einem Volumenstrom von 650 m³/h durchgeführt, um die Auswirkungen auf das Abscheideverhalten zu prüfen. Eine Veränderung der Abscheideleistung war allerdings kaum erkennbar. Jedoch wurden Spitzen bei der Reingasmessung und ein kurzzeitiger Absturz der Abscheideleistung erkennbar.

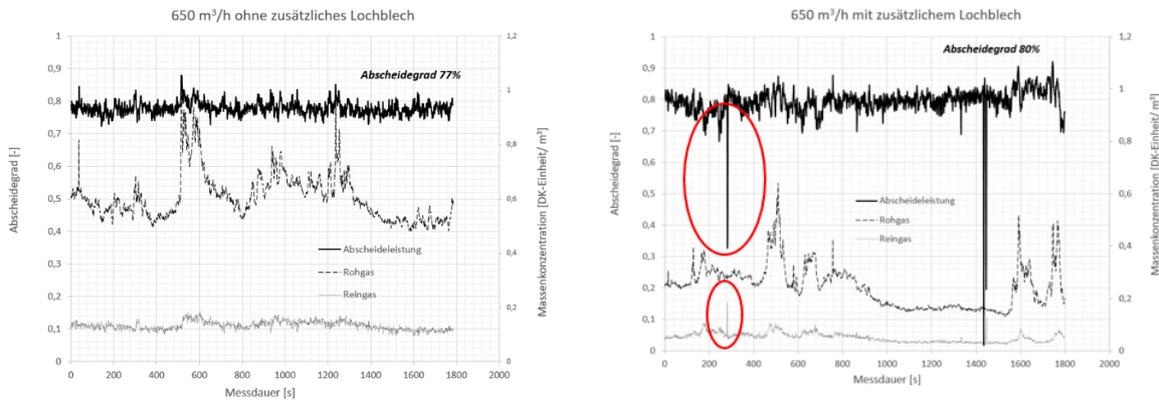


Abbildung 18: Beispiel Abscheidegradmessung ohne (links) und mit (rechts) zusätzlichem Lochblech

Die Differenz zwischen den Messwerten und Berechnungen für das einzelne Abscheidepaket zeigt, dass die theoretisch ermittelten Werte in der Praxis nicht erreicht werden konnten. Dies liegt daran, dass die komplexen Einflüsse der Strömung auf das Abscheideverhalten im Berechnungsmodell nicht ausreichend dargestellt werden konnten. Da eine Anpassung des Berechnungsmodells nicht praktikabel war, wurden die experimentell ermittelten Werte als Basis für die nachfolgenden Schritte zugrunde gelegt.

Dauertest zur Erprobung des E-Abscheidepakets im Prüfstand an Schweißarbeitsplätzen

An den oben beschriebenen Schweißarbeitsplätzen in der hauseigenen Produktion wurde ein Dauertest durchgeführt. Nach ca. 336 Betriebsstunden wurde die Erprobung des E-Abscheidepakets unterbrochen, da es vermehrt zu Spannungsüberschlägen kam, welche zur Abschaltung der Hochspannungsversorgung führten.

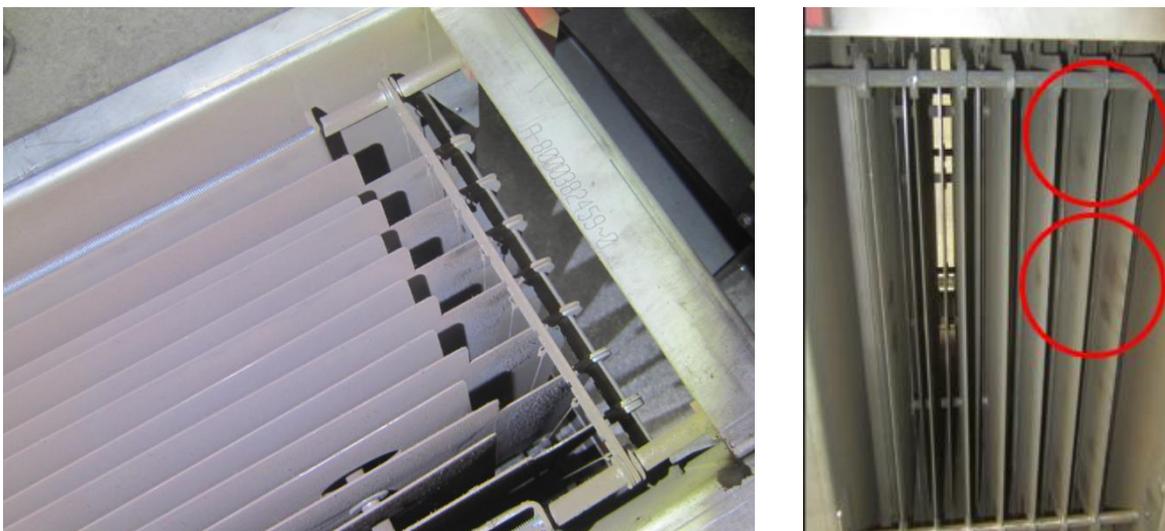


Abbildung 19: Überslagsspuren im Ionisationsbereich

Eine Überprüfung zeigte, dass hierfür Ablagerungen von Verunreinigungen auf den Kollektorplatten verantwortlich waren. Diese bauen sich über die Betriebszeit zu einer immer dickeren Schicht auf und führen so zu einer Verringerung der Abstände innerhalb des Elektrodensystems, wodurch es vermehrt zu Spannungsüberschlägen kommen kann und somit ein störungsfreier Betrieb erschwert wird. Abgeschiedene Stäube sind teilweise sehr gut leitfähig, wodurch die Störungsanfälligkeit des Abscheidepakets mit laufender Betriebszeit steigt.



Abbildung 20: Gleichmäßige Beschichtung von Ionisator und Kollektor durch Partikel

Mit Hilfe einer Nassreinigung oder der Abreinigung mittels Druckluft kann dazu beigetragen werden, den Abscheideprozess zu stabilisieren. Allerdings war die bis zu diesem Zeitpunkt in der Praxis realisierte Standzeit der Elektrofilterstufe aus diesem Versuch deutlich kürzer als erwartet und entsprach nur rund vier Arbeitswochen im Zweischichtbetrieb.

Erkenntnisse aus den Versuchen mit dem elektrostatischen Abscheidepaket

Es wurde festgestellt, dass für trockene Aerosole und aufgrund der erhöhten Leitfähigkeit bei Schweißrauch eine ausreichende Ionisierung unter den Projektvorgaben schwer realisierbar ist. Das technisch aufwändige Konzept der elektrostatischen Abscheidung in einer „Absaugwand“ erfordert die platzbedingte Anordnung von Komponenten, die eine ideal gleichmäßige Luftverteilung erschwert, welche allerdings für eine prozesssichere elektrostatische Abscheidung entscheidend ist.

Im Gegensatz zu den rechnerisch bestimmten 97% Abscheidegrad, konnte trotz der Optimierung der Luftverteilung durch das Lochblech, für einen Volumenstrom von 450 m³/h, lediglich ein Abscheidegrad von 86 Prozent erreicht werden. Zusätzlich wurde ein kurzzeitiger Konzentrationsanstieg auf der Reingasseite festgestellt, welcher eine temporär reduzierte Abscheide-



leistung bedeutet. Diese Beobachtung ist auf den sogenannten „Re-Entrainment-Effekt“ zurückzuführen, bei dem bereits abgeschiedene Partikel von den Kollektorflächen durch den Luftstrom wieder mitgerissen werden. Der Re-Entrainment-Effekt wird dadurch unterstützt, dass die im Dauertest vorkommenden Schweißrauchpartikel gut leitfähig sind. Bereits abgeschiedene Partikel verlieren ihre Ladung und somit auch die Anziehung vom vorhandenen elektrischen Feld im Abscheidepaket, wodurch häufig auftretende Spannungsüberschläge entstehen. Aufgrund der beschriebenen kurzen Standzeit in Verbindung mit der nicht ausreichenden Abscheideleistung bei hohem erforderlichem Wartungsaufwand, wurde das Konzept der AmbiWall in Form eines elektrostatischen Abscheiders als nicht wirtschaftlich genug bewertet und somit nicht weiterverfolgt.

3 Entwicklung eines energieeffizienten Anordnungskonzepts

3.1 Entwicklung eines systematischen Konzepts zur optimalen Positionierung der Absaugwände unter Berücksichtigung der Trennwandfunktionalität

Es wurden verschiedene Konzepte zur möglichen Positionierung einer oder mehrerer AmbiWalls zueinander erstellt, um das Optimum aus der Trennwandfunktionalität mit möglichst energieeffizienter Luftreinigung zu erzielen. Dies wurde durch die im nächsten Abschnitt beschriebenen Simulationen näher betrachtet. Nachfolgende Tabelle zeigt einen Auszug unterschiedlicher Anordnungskonzepte und deren Wirkweise am Beispiel einer Schnittansicht eines Arbeitsbereiches mit mittig angebrachtem Arbeitstisch und einem Schweißbrenner als Emissionsquelle. Folgende Komponenten sind schematisch dargestellt:

- **Blau** AmbiWall
- **Grau** Emissionswolke des Schweißbrenners
- **Rot** Ansaugbereich der schadstoffbelasteten Luft
- **Grün** Ausblasbereich der gereinigten Luft

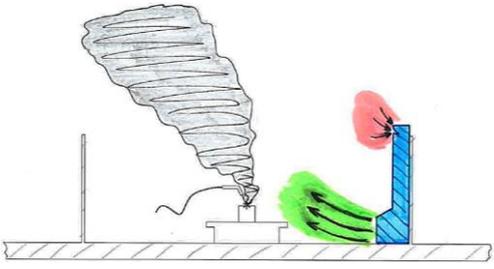
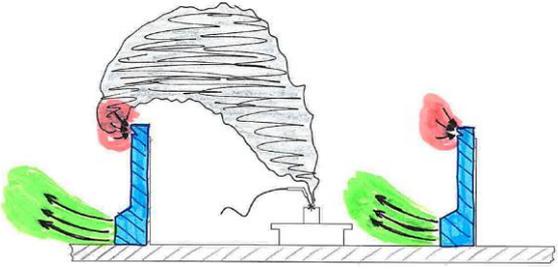
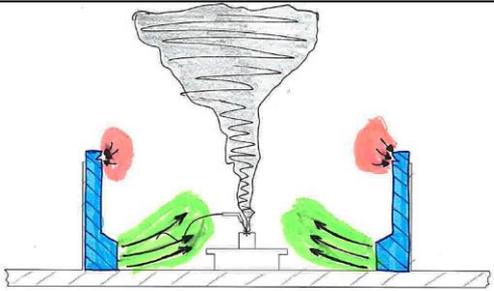
Schematisches Anordnungskonzept	Kurzbeschreibung
	<ul style="list-style-type: none"> • 1x AmbiWall in einem Arbeitsbereich • Verdrängung zur Seite und nach oben • Frischluftspülung des Arbeitsbereich
	<ul style="list-style-type: none"> • 1x AmbiWall pro Arbeitsbereich • Ansaug / Ausblas gleichgerichtet • Verdrängung zur Seite und nach oben • Frischluftspülung des Arbeitsbereich • Erfassung durch AmbiWall im nächsten Arbeitsbereich
	<ul style="list-style-type: none"> • 2x AmbiWall pro Arbeitsbereich • Ansaug / Ausblas gegenüberliegend • Verdrängung nach oben • Frischluftspülung des Arbeitsbereich • Keine seitliche Verschleppung im Arbeitsbereich

Tabelle 1: Auszug schematische Darstellung Anordnungskonzepte AmbiWall

3.2 Durchführung von Strömungssimulationen zur Verifizierung und Optimierung des Anordnungskonzepts

In der Abbildung 21 ist beispielhaft ein Simulationsmodell eines Arbeitsbereiches von ca. 6 x 6 m dargestellt, in dessen Mitte ein Schweißbisch mit einer thermischen Emissionsquelle platziert ist. Diese soll die Schadstoffemission beim Schweißen von Stahl simulieren. Es wird deutlich, dass durch die gegenüberliegende Positionierung mehrerer AmbiWalls die verunreinigte Luft nach oben verdrängt und deren Ausbreitung im Raum stark eingeschränkt werden kann. Bei einem angenommenen Luftvolumenstrom von 1.000 m³/h ergibt sich pro AmbiWall, je nach Raumhöhe, ein Arbeitsbereich von bis zu 70 m², welcher durch die Positionierung mehrerer Geräte entsprechend vergrößert werden kann. Auf Grund der sehr geringen Ausblasströmungsgeschwindigkeit kann die Positionierung der AmbiWall näher an der Entstehungsquelle der Partikel als bei gebräuchlichen „Filtertürmen“ erfolgen, was sich positiv auf die Energiebilanz auswirkt, da somit ein geringerer Absaugvolumenstrom erforderlich ist.

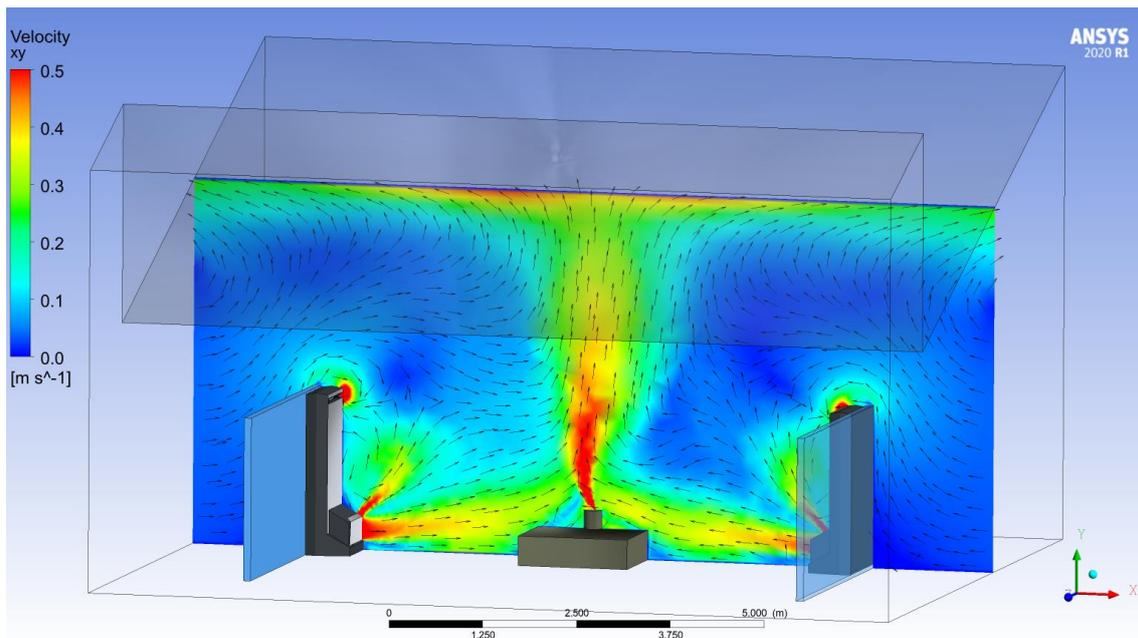


Abbildung 21: Auszug Simulation des Anordnungskonzepts

4 Inbetriebnahme und Funktionstest unter Laborbedingungen (Intern)

Der folgende Abschnitt beschreibt den Bau der Funktionsmuster, durchgeführte Versuche sowie den Übergang zum finalen Design der AmbiWall.

4.1 Bau von Funktionsmustern der Absaugwand in allen drei Ausbaustufen

Da die Vorversuche mit der elektrostatischen Variante der AmbiWall nicht erfolgreich waren, wurde lediglich für die Ausführung der AmbiWall mit KLR-Filterelement als Partikelabscheider ein Prototyp gebaut. Zu diesem Zeitpunkt wurde die dritte Ausbaustufe zur Abscheidung von Kohlenwasserstoffen aus der Gasphase noch nicht berücksichtigt.

4.2 Aufbau und Inbetriebnahme der Funktionsmuster

Um schnellstmöglich erste Versuche mit der Speicherfiltervariante der AmbiWall durchführen zu können, wurde kurzfristig ein Funktionsmuster in Rahmenkonstruktion gebaut. Durch diese Gehäuseausführung ergeben sich viele Trennstellen, welche eine hohe Flexibilität hinsichtlich der verwendbaren Anbauteile ermöglicht. Das Funktionsmuster vereint folgende Anbauteile (siehe auch Explosionsansicht in Abbildung 22):

- Ansaughaube ohne Funkenschutz
- KLR-Filterelement
- 1,1kW Radialventilator
- Verschiedene Ausblaselemente (Lochblechzuschnitte, drosselbare Lamellengitter)
- Abdeckungen

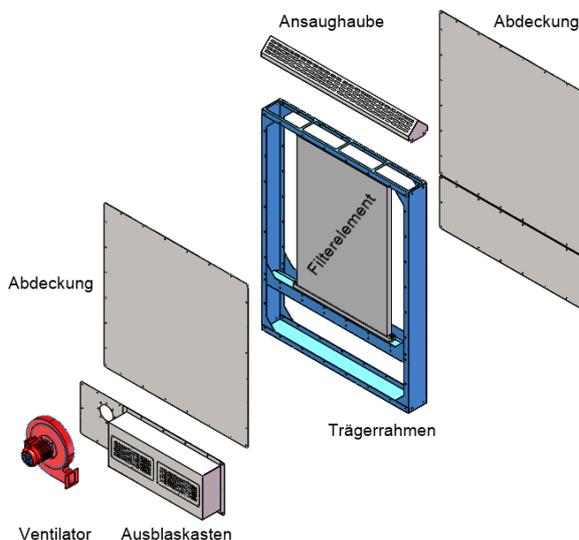


Abbildung 22: Explosionsansicht Funktionsmuster und Rahmenkonstruktion Speicherfilter

Der Prototyp wurde für eine Langzeitmessung an einem Schweißarbeitsplatz in der Fertigung bei Keller Lufttechnik installiert. Da der Abscheidegrad der KLR-Filterplatte bekannt ist, war das Ziel des Versuchs, Erfahrungen zu Standzeit, Funktion und Menge von abgeschiedenen Partikeln zu sammeln. Dazu wurde der über die Betriebsdauer ansteigende Filterwiderstand aufgezeichnet, welcher in Abbildung 23 dargestellt ist. Die rot gepunktete Trendlinie zeigt einen nahezu linearen Anstieg bis ca. 15mbar bei 1000 Betriebsstunden. Dies entspricht einem halben Jahr im 1-Schicht-Betrieb und erfüllt somit die Anforderung einer Reinigung beziehungsweise eines Wechsels der Filterelemente ein bis zwei Mal pro Jahr.

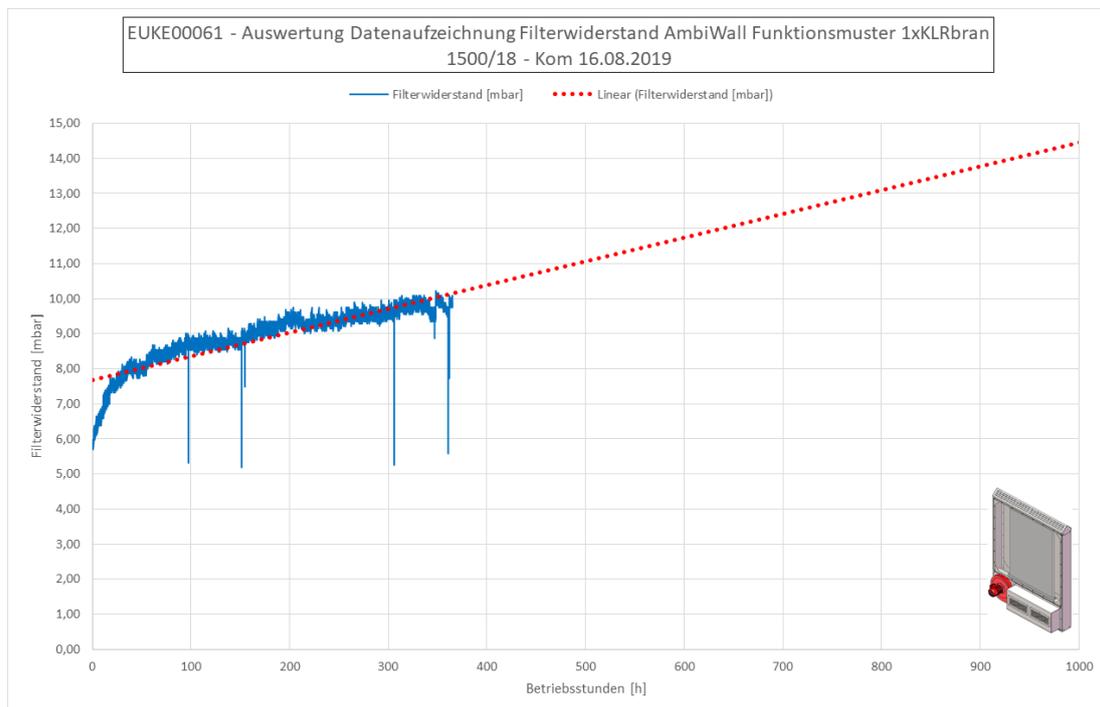


Abbildung 23: Aufzeichnung Differenzdruck Funktionsmuster Speicherfilter

Abreinigungstest Partikelabscheider

Für die Variante der AmbiWall mit Abreinigung der Filterelemente wurde nach ca. 350 Betriebsstunden ein mechanischer Abreinigungstest mittels Klopfer durchgeführt. Hierzu wurde eine Klopfeinrichtung durch Hammerschläge seitlich auf den Endverguss des Filterelements simuliert. Durch die stoßartige Krafteinwirkung soll das gesamte Filterelement in Schwingung versetzt werden, was zu einem Abwurf der anfiltrierte Staubschicht führen soll.



Abbildung 24: Schematischer Testaufbau Klopfeinrichtung

Das Abklopfen konnte die Partikel kaum vom Filterelement lösen, da die bei Schweißprozessen entstehenden Partikel sehr fein sind und fest an der Filteroberfläche haften. Als Alternative zur mechanischen Abreinigung wurde eine Druckluftimpulsabreinigung betrachtet, welche allerdings aus folgenden Gründen nicht umgesetzt wurde. Der Einbau einer solchen Druckluftabreinigungseinrichtung hat auf Grund der beengten Platzverhältnisse einen negativen Einfluss auf die Komponentenanzordnung innerhalb der AmbiWall. Zusätzlich besteht das Risiko durch das Fehlen einer angeschlossenen Rohrleitung, wie sie bei konventionellen Absauganlagen mit direkter Erfassung üblich ist, dass durch den Abreinigungsimpuls bereits abgeschiedene Partikel wieder in die Umgebungsluft ausgestoßen werden. Es wurde entschieden als Regenerationsmöglichkeit eine externe Reinigung der Filterelemente in einer separaten Reinigungsstation, sowie ein Reinigungsservice als Dienstleistung zu realisieren.



Abbildung 25: Abgeschiedene Aerosole auf Filterelement

4.3 Redesign der Komponenten

Bereits zu Projektbeginn wurde beschlossen, dass im Entwicklungsverlauf ein externes Designbüro Keller Lufttechnik unterstützt, um die geforderte Funktionalität mit zeitgemäßem Produktdesign zu vereinen. In einem Kick-off-Termin wurden die im Lastenheft definierten Anforderungen sowie die durch Simulationen und Voruntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse kommuniziert, auf deren Basis das Designbüro anschließend verschiedene Designvorschläge erarbeitete und präsentierte. Es wurden in 3 Stilrichtungen Konzeptskizzen für eine Indoor-Industrieausführung erstellt, welche in Abbildung 26 exemplarisch aufgezeigt werden.



Abbildung 26: Auszug von 3 Designrichtungen für Indoor-Anwendung

Zusätzlich wurden Entwürfe für eine mögliche Outdoor-Anwendung im Bereich der Minimierung von Feinstaubbelastungen, zum Beispiel in Kombination mit einem Wartebereich für öffentliche Verkehrsmittel, generiert. Da der Fokus des Entwicklungsprojekts auf der industriellen Anwendung in Werkshallen liegt, wurde die Designauswahl auf die Indoor-Variante beschränkt und unabhängig von der Outdoor-Anwendung, welche auszugsweise in Abbildung 27 dargestellt ist, betrachtet.

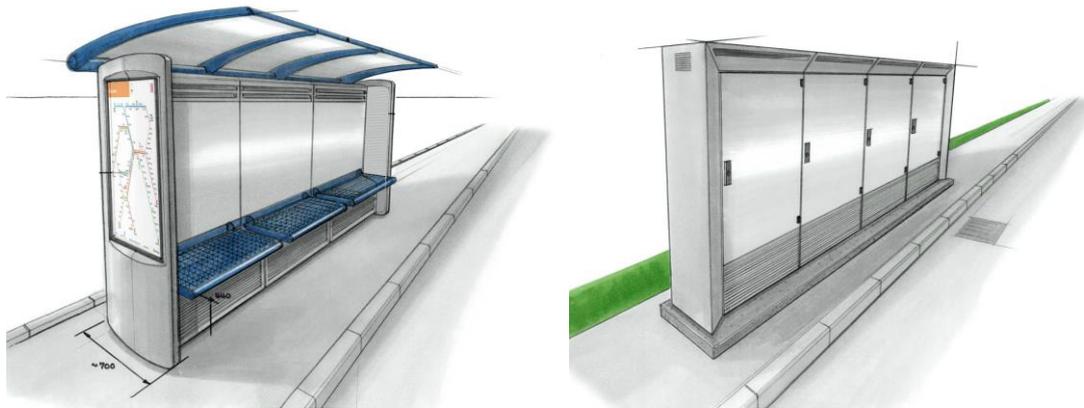


Abbildung 27: Auszug Designentwürfe Outdoor-Anwendung

Anhand einer internen Abstimmung unter den Projektbeteiligten und der Geschäftsführung wurden drei Favoriten bestimmt, welche sowohl hinsichtlich Funktionalität, zeitgemäßem Produktdesign und als auch der umsetzbaren Produktion am Stammsitz von Keller Lufttechnik in Kirchheim unter Teck überzeugten. In Abbildung 28 ist das finale Design der AmbiWall aufgezeigt, welches zwei der vorausgewählten Entwürfe der facettierten Design-Stilrichtung vereint. Dabei wurde der favorisierte Entwurf als Basis für Geometrie und Aufbau verwendet und einzelne Designelemente des zweiten Entwurfs integriert.

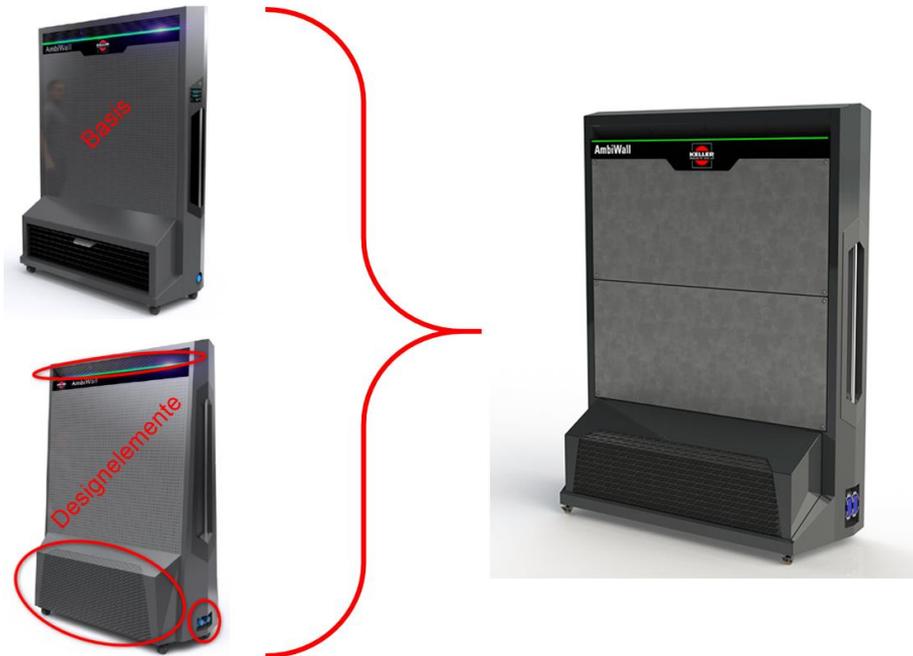


Abbildung 28: Finales Design der AmbiWall

4.4 Durchführung umfangreicher Funktionstests unter kontrollierten Bedingungen

Es wurde ein zweiter Prototyp gefertigt, bei dem das festgelegte Zieldesign aus Abschnitt 4.3 nahezu vollständig umgesetzt werden konnte.

Um die beste Kombination aus Energieeffizienz, Abscheidegrad und Volumenstrom zu erhalten, wurden verschiedene Ventilatoren hinsichtlich Einbaulage und Bauraum messtechnisch untersucht. Als Ergebnis wurde ein Radialventilator ausgewählt, welcher eine maximale Leistungsaufnahme von 1,18kW besitzt und durch eine konstante Regelung des Volumenstroms von 1000m³/h im Anlagenneuzustand lediglich 250W benötigt. Ergänzend wurden unter anderem Volumenstrom- und Schallmessungen der Gesamtanlage, sowie Komponententests, wie z.B. die Funktionalität der LED-Differenzdruckanzeige als Leuchtstreifen mit den zugehörigen steuerungstechnischen Restarbeiten durchgeführt. Die Funktionsweise dieser Anzeige wird im Abschnitt 5.1 beschrieben.



Abbildung 29: Volumenstrommessung und Test der LED-Differenzdruckanzeige

Um ein über die gesamte Ausblasfläche gleichmäßiges Strömungsgeschwindigkeitsprofil zu erreichen, wurde dort eine Grobfiltermatte angebracht. Diese erzeugt einen Strömungswiderstand, der dafür sorgt, dass die gereinigte Luft impulsarm dem Arbeitsbereich zurückgeführt werden kann. Um aus diesem notwendigen Bauteil einen Mehrnutzen zu erhalten wurde ein spezielles Polyester-Filtervlies ausgewählt, welches eine Aktivkohlebeschichtung besitzt und somit die Abscheidung von Kohlenwasserstoffen ermöglicht.



Abbildung 30: Druckverlustmessung der Aktivkohlefiltermatte

5 Prototypenbau und Durchführung von Feldtests unter realen Bedingungen (Extern)

Nachfolgend wird die Zusammenführung von Funktionsprototyp und Design geschildert. Die Prototypen wurden zunächst in der hauseigenen Produktion von Keller Lufttechnik platziert, bevor Erprobungen weiterer Exemplare in den Fertigungsbereichen von Partnerunternehmen folgten.

5.1 Weiterentwicklung des Funktionsmusters zu einem marktnahen Designprototypen

Das gemeinsam mit dem Designbüro erarbeitete Design der AmbiWall wurde mit den geforderten und getesteten Funktionen kombiniert und fertigungsgerecht umgesetzt.

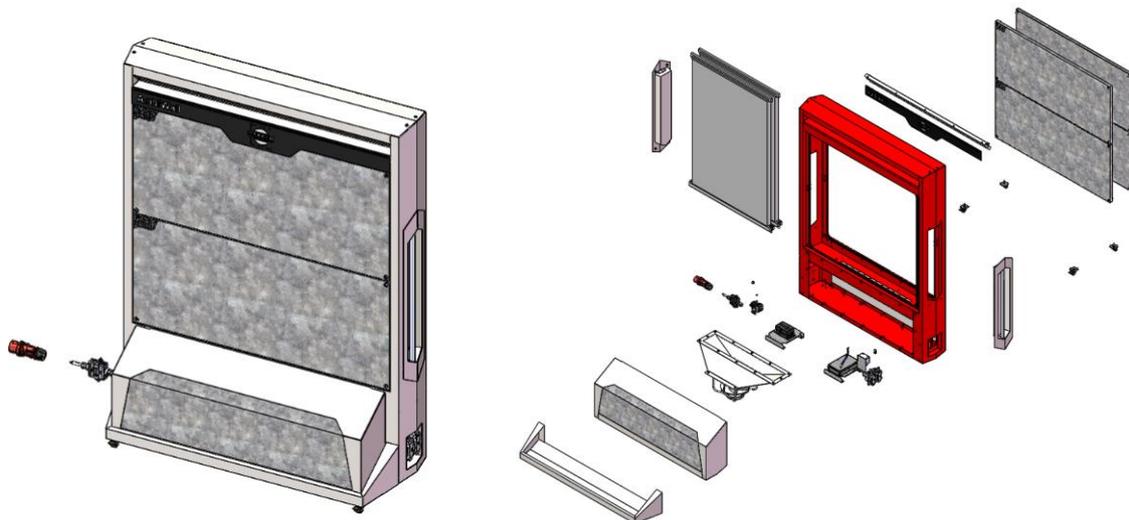


Abbildung 31: CAD-Modell AmbiWall in finalem Design und Explosionsansicht

Die Rahmenkonstruktion, die bereits beim ersten Prototyp eingesetzt wurde, konnte auch auf das finale Design übertragen werden, wodurch eine möglichst große Flexibilität in Bezug auf Anbauteile erreicht wird. In Abbildung 31 ist diese Rahmenkonstruktion in der Explosionsansicht rot dargestellt und stellt die Anschlussmöglichkeit für folgende Komponenten dar:

- KLR-Filterelemente
- Geregelter Ventilator
- Elektrischer Anschluss inklusive möglicher Reihenschaltung
- Luftaustritt (front-, rück- oder beidseitig montierbar)
- Schalldämmkassetten (alternativ z.B. Werkzeugaufnahme, Monitor, etc.)
- LED-Statusanzeige am Lufteintritt

Abweichend zum ursprünglichen Funktionsmuster bilden hier 2 KLR-Filterelemente die Abscheideeinheit aus. Die Verdoppelung der Filterfläche hat eine Reduktion des Anfangsdruckverlustes zur Folge, wodurch ein Ventilator mit einer geringeren Leistungsstufe eingesetzt werden kann. Dieser besitzt einen regelbaren EC-Motor, mit dem ein Absaugvolumenstrom von 1000 m³/h, innerhalb der Einsatzgrenzen, dauerhaft erreicht werden kann. Die Ventilatoreinheit konnte, abweichend zum ersten Prototyp, innerhalb des Gehäuses installiert werden.

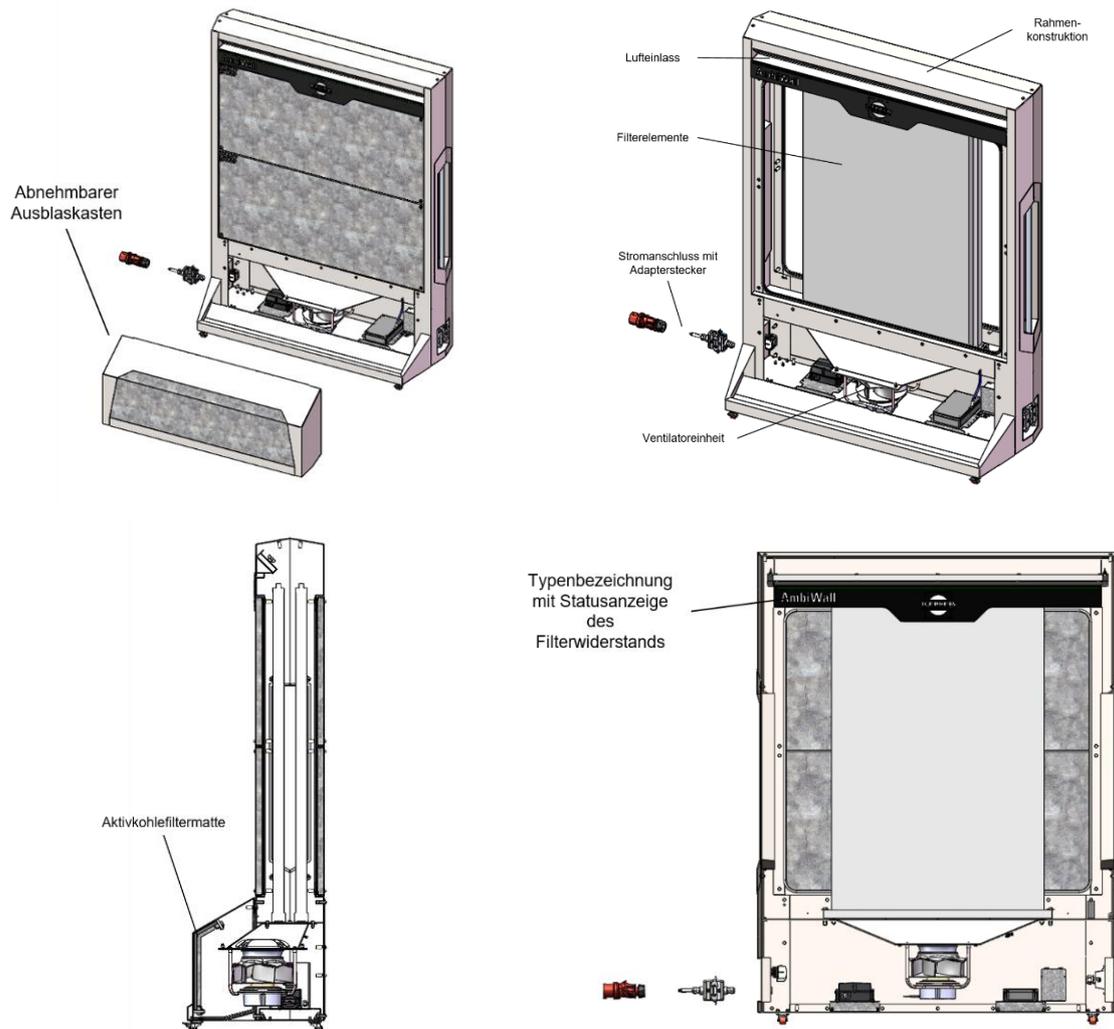


Abbildung 32: Innenaufbau der AmbiWall

Durch seitlich angebrachte elektrische Anschlussmöglichkeiten, können bis zu 5 AmbiWalls in Reihe miteinander verbunden werden und einzeln oder gemeinsam gesteuert werden. Der abnehmbare Ausblaskasten kann mit der zugehörigen Auflage, sowohl auf der Front- als auch auf der Rückseite montiert werden. Die 4 Flächenelemente sind im Standard schalldämmend ausgeführt, können aber je nach Einsatzgebiet auch zum Beispiel als Werkzeughalterung oder Aufnahme für Monitore modifiziert werden. Unterhalb des Luffeinlasses wurde in Kombination

mit Logo und Typenbezeichnung eine LED-Statusanzeige eingebaut, welche Informationen über den Betriebszustand, den Filterdruckverlust, sowie anstehende Störmeldungen mittels Leuchtsignal darstellt.

Nachfolgend sind diese Betriebszustände und Signale tabellarisch aufgeführt

Anzeige	Signal	Betriebszustand
	Grün leuchtend	In Betrieb
	Grün leuchtend Gelb auffüllend	Verschmutzungsgrad Filterelemente
	Rot leuchtend	Reinigung / Wechsel Filterelemente
	Rot blinkend Sekundentakt	Störung Ventilatormotor
	Rot blinkend SOS-Takt	Störung PI-Regler

Tabelle 2: Betriebszustände LED-Statusanzeige

5.2 Durchführung umfangreicher Feldtests unter realen Bedingungen

Der Designprototyp wurde hergestellt, um zu prüfen, ob die geplanten Fertigungsabläufe in der hauseigenen Produktion umsetzbar sind und ob sich weitere Optimierungspotenziale ergeben. Nach Fertigstellung und Funktionsüberprüfung wurde der Prototyp in einen Schweißarbeitsplatz integriert um weitere Langzeittests unter realen Bedingungen durchzuführen und entsprechende Betriebserfahrung zu erhalten.



Abbildung 33: Designprototyp der AmbiWall in der Fertigung

Zusätzlich zu den hausinternen Funktionstests wurden bei ausgewählten Kunden Exemplare der AmbiWall zum Test aufgestellt, um die Funktionalität zu verifizieren und entsprechendes Feedback zu erhalten. Unter anderem kamen diese im Bereich einer Bandsäge und im Musterbau zur Anwendung.

5.3 Evaluierung des Gesamtsystems

Zum Ende der Projektlaufzeit waren noch nicht alle Tests und Versuche abgeschlossen, aber die bisherigen Erkenntnisse und Erfahrungen zeigen, dass die AmbiWall in der Ausführung als Speicherfilter die Erwartungen an dieses Projekt erfüllt. Unter anderem konnten bereits bestehende Lösungen erfolgreich kombiniert werden. Das erprobte Prinzip der Schichtlüftung in Verbindung mit dem hohen Abscheidegrad der KLR-Filterelemente erfüllt die zu Projektbeginn definierten Anforderungen. Durch eine integrierte Volumenstromregelung erfolgt auch der Energieverbrauch bedarfsorientiert.

6 Maßnahmen zur Verbreitung der Vorhabensergebnisse

Nach Entwicklungsabschluss und Marktreife wurde damit begonnen, die AmbiWall auf der Unternehmenswebsite und in Newslettern an bestehende Kunden zu bewerben. Ebenfalls wird in Fachzeitschriften auf das Produkt aufmerksam gemacht. Da der primäre Zielmarkt für die AmbiWall zunächst die verarbeitende Industrie bleibt, stellt eine Marktdurchdringung über bereits bestehende Kundenbeziehungen die einfachste Möglichkeit dar, die AmbiWall als Neuentwicklung fest im bestehenden Portfolio von Keller Lufttechnik zu etablieren.

Aufgrund des erzwungenen Ausfalls von Messen oder sonstigen möglichen Präsentationsplattformen wurde das Marketingkonzept auf die aktuelle Situation angepasst.

Im Rahmen von Veranstaltungen bei Keller Lufttechnik, wie beispielsweise einem Austausch zwischen Schulen und Politik zu Herausforderungen der Corona-Pandemie, bei dem auch die baden-württembergische Kultusministerin Frau Dr. Eisenmann anwesend war, wurde die AmbiWall ebenfalls vorgestellt.

7 Fazit

Aus Sicht von Keller Lufttechnik stellt die Entwicklung der AmbiWall einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des Feinstaubproblems in produzierenden Unternehmen jeglicher Größe dar. Die vielversprechende Variante eines speichernden Partikelfilters mit regenerierbaren Filterelementen, die gleichzeitig für saubere Luft am Arbeitsplatz sorgt und eine Trennwandfunktionalität, die vor allem bei Schweißarbeitsplätzen sehr wichtig ist, erfüllt, ist eine am Markt bisher einmalige Lösung. Durch die beschriebene Regenerierbarkeit der Filterelemente und den flexibel an die Anforderung angepassten Energieverbrauch ist die AmbiWall eine nachhaltige Entwicklung mit großem Zukunftspotenzial.

Leider zeichnete sich frühzeitig ab, dass das angedachte modulare Konzept aus Elektro- beziehungsweise Partikelabscheidung und die flexible Aufstellung in Innen- und Außenbereichen nicht umsetzbar ist, da die Versuche mit dem E-Abscheidemodul die theoretischen Berechnungen nicht bestätigen und somit die Erwartungen und notwendigen Anforderungen nicht erfüllen konnten. Auch die Voraussetzungen für eine Lösung, die sowohl im Innen- als auch im Außenbereich aufstellbar ist, sind nicht optimal, weil die Anforderungsdifferenzen zu groß sind: Eine Variante für beide Aufstellungsmöglichkeiten wäre nicht wirtschaftlich. Trotzdem soll zu einem späteren Zeitpunkt die Idee für eine Absaugwand, die Menschen in öffentlichen Bereichen mit sauberer Luft versorgt, wieder aufgegriffen werden.

Durch die auftretende Krisensituation durch die pandemische Verbreitung von SARS-CoV-2 wurde der Projektlauf empfindlich gestört. Der ursprünglich aufgestellte Projektplan konnte nicht vollumfänglich umgesetzt werden. Da die AmbiWall in Verbindung mit integrierbaren Nachfilterstufen allerdings auch Partikel abscheiden kann, die der Größe von Viren entsprechen, ergibt sich hieraus ein zusätzliches Zukunftspotenzial, das beim Projektbeginn nicht ersichtlich war. Somit trägt die Entwicklung der AmbiWall nicht nur zur Nachhaltigkeit bei, sondern kann künftig auch Anteil am Gesundheitsschutz der Bevölkerung haben.

8 Literaturverzeichnis

- [AfG20] Ausschuss für Gefahrstoffe: *TRGS 900 „Arbeitsplatzgrenzwerte“*, Januar 2006, Fassung 02.10.2020.
- [DGU18] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V: *DGUV Information 209-077, „Schweißbrauche – geeignete Lüftungsmaßnahmen“*, Oktober 2018.
- [KL17] Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG: *KLR-Filter*, Produktbroschüre auf www.keller-lufttechnik.de, zuletzt aufgerufen am 25.11.2020 URL: [klr-filter_102017_deu.pdf](http://www.keller-lufttechnik.de/klr-filter_102017_deu.pdf) ([keller-lufttechnik.de](http://www.keller-lufttechnik.de)).
- [KMW17] Kersting, Michael; Moos, Waike; Werbeck, Anna: *Gesamtwirtschaftliche und sektorale Wortschöpfung aus der Produktion und Anwendung von Fügetechnik in Deutschland, ausgewählten Länder Europas sowie der EU insgesamt*, Kurzfassung des Gutachtens an den DVS, RUFIS Ruhr-Forschungsinstitut für Innovations- und Strukturpolitik e.V., Bochum, 2017.



9 Anhänge

Anhang A1: Recherche zu Wettbewerbslösungen

3. Stand der Technik und Vergleich der neuen Produktmerkmale zum Wettbewerb belegt durch quantitative Werte			
Aktuell gibt es kein direktes Wettbewerbsprodukt auf dem Markt. Im Bereich Schweißrauchsabsaugung existieren verschiedene Lösungswege, jedoch vereint AmbiWall verschiedene Vorteile in einem Gerät			
Anwendungsgebiet	AmbiWall universell in unterschiedlichsten Produktionsbereichen im Produktionsumfeld einsetzbar (aufgrund verschiedener Filtermedien).	Trennwand universell einsetzbar	Kompaktabscheider universell einsetzbar
Funktion	<ul style="list-style-type: none"> - Absaugen und Reinigen von verschmutzter Luft in Produktionsbereichen (Abscheidung von Partikeln und gasförmigen Luftverunreinigungen). - Schutz der Gesundheit von Mitarbeitern am Arbeitsplatz und Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte - indirekte Erfassung - räumliche Trennung von Arbeitsbereichen (Schall-, Sicht- und Berührungsschutz) 	<ul style="list-style-type: none"> - Absaugen und Reinigen von verschmutzter Luft in Produktionsbereichen - Gewährleisten der Gesundheit von Mitarbeitern am Arbeitsplatz und Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte - direkte Erfassung - mobil 	<ul style="list-style-type: none"> - Absaugen und Reinigen von verschmutzter Luft in Produktionsbereichen - Gewährleisten der Gesundheit von Mitarbeitern am Arbeitsplatz und Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte - direkte Erfassung - mobil
Volumenstrom [m³/h]	500 - 1000	2500 - 30000	350 - 1500
Preis [€]	1000 - 1500	10000 - 30000	1000 - 2500
Gewicht [kg]	50 - 150	500 - 1500	20 - 200
Maße B x T x H [mm] ca.	1500 x 300 x 2200	2000 x 3000 x 3500	500 x 500 x 500 - 1000
Stellfläche [m²]	0,5 - 0,5 - 0,9	6	1
			0,25



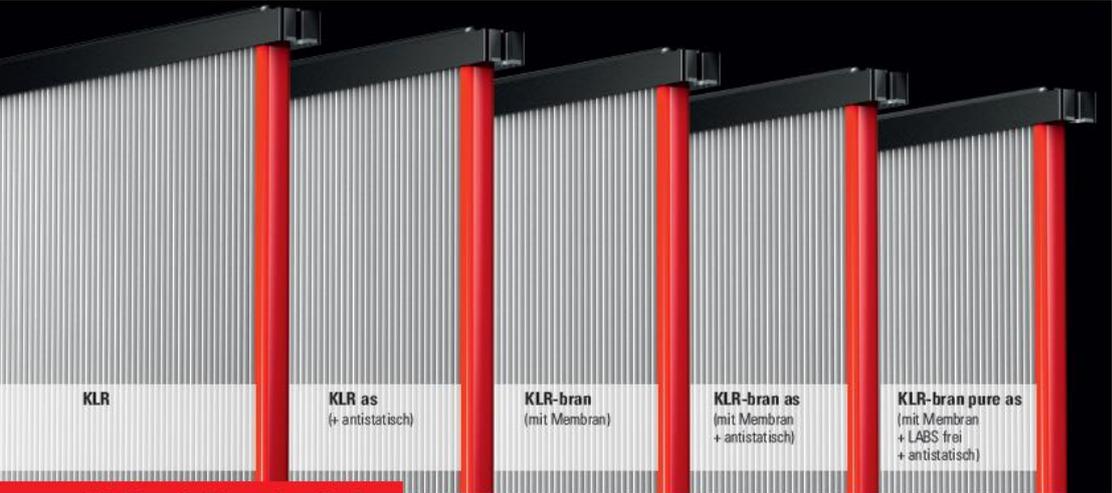
Anhang B1: Übersicht AWG-Wertmanagement

ABC AWGs - Übersicht

Rang	ABC Kennzeichen	Anwendungsgebiet	AVG/Verantwortlich	Anzahl Angebot	Anzahl Auftrag	Auftragsfolgsquot	Auftragsgehalt	Umsatz	DB 3	DB 3 in % vom Umsatz	Chancenwert
4 A											
14 A		Metal Schweißen	OHN	504	131	0,2599	8.394.470	6.454.088	1.456.191	22,9623	3.128.596,738
35 A		NE-Metal-Laser-Schweißen	MAZ	168	76	0,4524	2.113.242	1.927.625	635.273	32,9563	222.594,004
114 A		NE-Metal-Schweißen	MAZ	12	5	0,4167	460.688	461.020	409.673	86,9101	25.516
143 A		NE-Metal-Alu-Schweißen	OHN	28	13	0,4483	497.255	497.517	109.862	22,0821	0
219 B		Bauchrauchkassette Trennen-Thermisch	OHN	28	5	0,1724	465.866	174.066	42.220	24,2552	35.549,8
240 B		Metal Trennen-Thermisch	OHN	33	1	1	28.102	0	0	0	0
259 B		Sonstige Schweißen	OHN	33	7	0,2121	99.841	88.713	27.158	30,6133	5.716,857
283 B		Sonstige Trennen-Thermisch	OHN	4	1	0,25	3.968	4.052	1.173	28,9487	0
349 C		NE-Metal Trennen-Thermisch	OHN	2	1	0,5	170.000	0	0	0	0
488 D		NE-Metal-Alu Trennen-Thermisch	OHN	1	0	0	0	0	0	0	13.495,2
1 A		Lacke/Farben/Lackieren-Nass	CZ	138	30	0,2174	10.363.041	9.998.512	1.365.468	13,6567	5.784.838,473
2 A		Kühlschmierstoffe Sonder-BAZ	KRA	328	119	0,3628	13.923.004	8.278.815	1.687.486	26,876	911.448,3571
3 A		Kunststoffe Extrudieren	NAT	237	69	0,2911	7.206.631	3.653.703	833.663	22,8169	5.037.916,803
36 A		Alufalt-Schrott Schreddern/Zerkleinern	STE	36	8	0,2222	1.097.223	437.758	131.025	29,8309	351.771,941
37 A		Papier-Laser-Schneiden	MAZ	8	6	0,75	981.043	986.133	314.199	31,8617	0,05
38 A		NE-Metal Tochnen	PT	2	2	1	19.872	2.636	2.315	87,8225	0
39 A		Keramik-Schitzen-Gläsur	WIK	77	25	0,3247	939.681	941.717	345.298	36,8669	228.894,966
40 A		Kühlschmierstoffe Füllen/Befüllen	KRA	3	2	0,6667	23.098	3.669	3.583	97,656	0
41 A		Kühlschmierstoffe Sonder/Sonstiges	KRA	90	32	0,3556	1.045.748	1.020.392	293.051	28,7195	163.018,539
42 A		Papier-Schreddern/Zerkleinern	WP	44	24	0,5455	925.576	721.693	155.988	21,6142	255.935,75
43 A		Flabometalle (St. St. Te. ...)	STE	26	12	0,4615	1.083.408	1.079.426	279.471	25,8907	20.461
44 A		Pharma-Schlaube aus der Chemie-Mischen/Wiegen/Füllen	WIK	58	12	0,2069	425.240	100.990	34.491	34,1529	805.090,523
45 A		Nahrungsmittel Mischen/Wiegen/Füllen	MAZ	13	4	0,3077	134.182	11.766	11.766	100	0
46 A		NE-Metal Sortieren-Thermisch	MAZ	48	13	0,2708	1.000.337	935.830	274.779	29,3621	106.446,114
47 A		Dämme Extrudieren	NAT	84	15	0,1786	1.017.242	1.008.488	399.316	39,5955	0
48 A		Kunststoffe Mischen / Wiegen	NAT	36	20	0,5556	796.908	644.149	157.410	24,4369	146.536,537
49 A		NE-Metal Schleifen	SO	70	15	0,2143	516.383	471.945	158.064	33,452	579.691,004
50 A		Sonstige Erodieren	BB	2	1	0,5	1.420	1.420	1.321	93,0282	0

Anhang C1: Broschüre KLR

NEU KLR-Filter® (Original Keller) 



KLR **KLR as**
(+ antistatisch)

KLR-bran
(mit Membran)

KLR-bran as
(mit Membran
+ antistatisch)

KLR-bran pure as
(mit Membran
+ LABS frei
+ antistatisch)

Maßstab für reine Luft

KLR-Filter®
Hochleistungs-Filterelemente zur Abscheidung
unterschiedlicher Prozess-Emissionen

**Erhöhte Standzeit bei reduziertem
Energieeinsatz**



Alle Parameter dieser Keller-Neukonstruktion wurden gegenüber dem marktüblichen Standard optimiert. Dadurch erweitert sich die Standzeit auf bis zu 120.000 Abreinigungsintervalle – wobei der nötige Energiebedarf reduziert werden konnte.

Eine positive Bilanz in jeder Hinsicht!



**GREEN
BALANCE**

KLR-Filter® – die neue Referenzklasse

KLR-Filter® steht für Keller Long Run

Keller verfügt über jahrzehntelange Anwendungserfahrung beim Absaugen und Abscheiden von Produktions-Emissionen in unterschiedlichen Bereichen.

Um den steigenden Anforderungen, insbesondere an die Filter-Standzeit, weiterhin gerecht werden zu können, entwickelte Keller eine neue Filtergeneration in verschiedenen Ausführungsvarianten.

Das Pflichtenheft ergab sich aus der Summe der Praxiserfahrungen.

Der Produktname KLR-Filter® steht für Keller Long Run Filter.

Die plissierte Filterfläche wurde vergrößert

Durch eine noch feinere Plissierung des Filtermaterials als bisher marktüblich konnte die Filterfläche erhöht werden. Dadurch sinken der Druckverlust und der damit einhergehende Energiebedarf um bis zu 5 %.

Die Rahmenkonstruktion wurde strömungsoptimiert

Die Seitenleisten aus GFK wurden strömungsgünstig geformt, um die Anströmung des Rohgases zu optimieren.

Die extra breiten Seitenleisten schützen das Filtermaterial vor direkter Partikeleinwirkung und somit vor übermäßigem Verschleiß.

KLR-Filter® bieten eine Standzeit von bis zu 120.000 Abreinigungsintervallen

Die Original Keller KLR-Filter® bieten mit bis zu 120.000 Abreinigungsintervallen eine Bestmarke für die Standzeit dieser Filterbauart.

Mit konstruktiven Maßnahmen im Detail, durch die Werkstoffwahl und insbesondere durch eine moderne, hochwertige Eigenfertigung wird dieses hohe Qualitätsniveau erzielt.

Energiesparen durch neues Design

Zusätzliche Besonderheiten der KLR-Filter® sind der geringe Filterwiderstand und die optimierte Rohgasströmung, die eine Senkung des Energiebedarfs bewirken.

Vielseitig nutzbar

Die neuen KLR-Filter® eignen sich durch die unterschiedlichen Ausführungen für viele Anwendungsfälle, von thermischen Prozessen über Schleifprozesse bis hin zum Nasslackieren.

Einsatztemperatur bis 110 °C.



Dieser Schnitt zeigt den Aufbau der Original Keller KLR-Filter®.

Die selbsttragenden Filterplatten weisen eine erhöhte Faltenanzahl und dadurch eine Steigerung der Filterfläche gegenüber der bisher üblichen Filterkonstruktion auf

Filterelemente für Fortluft- oder Rückluftbetrieb



KLR-Filter® für den Fortluftbetrieb

KLR-Filter® ohne zusätzliche Membran eignen sich durch die hohen Abscheidegrade für viele Anwendungen im Fortluftbetrieb oder auch mit Hilfe weiterer Maßnahmen für einen Rückluftbetrieb.

Gegebenenfalls sind die Rahmenbedingungen vom Betreiber vorab zu klären. Bei Bedarf können Sie dazu auf die Unterstützung durch Keller zurückgreifen.



① KLR-Filter® in Standardausführung
② KLR as in antistatischer Ausführung
Reststaubgehalt < 0,5 mg/m³



VARIO eco Trockenabscheider im Fortluftbetrieb

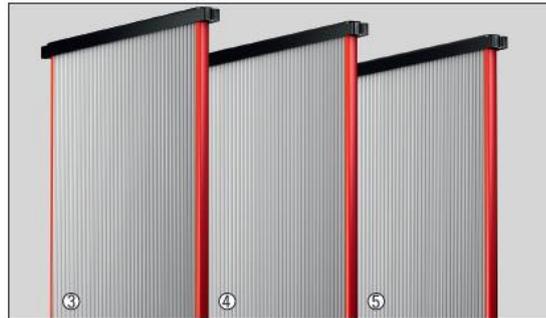
KLR-bran Filter eignen sich für thermische und Lackierprozesse – sowie für den Rückluftbetrieb

Der Abscheidegrad der KLR-bran Filter beträgt $\geq 99,9\%$ (nahezu Filterqualität H13)



Der Schnitt zeigt einen KLR-bran Filter mit Abscheidemembran

Die KLR-bran Filter sind mit einer PTFE-Feinabscheide-Membran ausgerüstet. Für den Rückluftbetrieb sind alle Ausführungen mit einem IFA-M-Prüfzeugnis nach DIN EN 60335-2-69 erhältlich.



KLR-bran Filter in verschiedenen Varianten.
③ KLR-bran (Standard mit PTFE-Membran)
④ KLR-bran as (mit Membran und antistatisch)
⑤ KLR-bran pure as (mit Membran, LABS frei und antistatisch)
Reststaubgehalt < 0,1 mg/m³

Kurzprofil der Typversionen	KLR	KLR as	KLR-bran	KLR-bran as	KLR-bran pure as
Reststaubgehalt: < 0,5 mg/m ³	●	●			
Reststaubgehalt: < 0,1 mg/m ³			●	●	●
Einsatztemperatur: bis 110 °C	●	●	●	●	●
Abreinigungsdruck: max. 4 bar	●	●	●	●	●
mit zusätzlicher PTFE-Membran			●	●	●
in antistatischer Ausführung		●		●	●
LABS frei					●
Standzeit: bis zu 20.000 Bh oder bis zu 120.000 Abreinigungsintervallen, jedoch max. 3 Jahre *					

* Bei bestimmungsgemäßer Verwendung nach BWA

Zwei Einbauvarianten



KLR-Filter® für den rohgasseitigen Einbau



Die Dichtung der Filterplatte befindet sich oberhalb der Kopfleiste



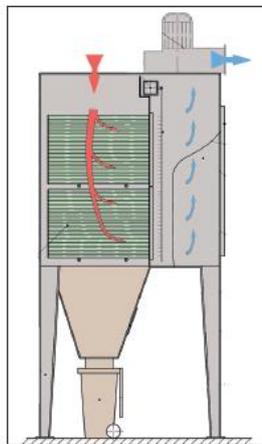
Keller Trockenabscheider VARIO eco

Bei den VARIO eco Trockenabscheidern erfolgt der Wechsel der KLR-Filter® innerhalb des Rohgasbereiches.

KLR-Filter® für den reingasseitigen Einbau



Die Dichtung der Filterplatte befindet sich unterhalb der Kopfleiste



Keller Trockenabscheider PT

Bei den Trockenabscheidern PT erfolgt der Wechsel der KLR-Filter® (waagrecht Filterplatteneinbau) innerhalb des Reingasbereiches.



Mit dem Label GREEN BALANCE bekennt sich die Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG zum verantwortungsvollen, weitblickenden Umgang mit allen Ressourcen – um technischen Fortschritt, betriebliche Belange und gesellschaftliche Zielvorgaben zum Schutz der Umwelt in Übereinstimmung zu bringen.

Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG
Neue Weiheimer Straße 30
73230 Kirchheim unter Teck
Fon +49 7021 574-0
Fax +49 7021 52430
info@keller-lufttechnik.de
www.keller-lufttechnik.de