

6.5. Luftdichtheit an Installationen

Manche Installationen durchdringen notwendigerweise die luftdichtenden Schichten der Gebäudehülle. So müssen z.B. Frischluft, Trinkwasser, Regenwasser, Strom, Gas und Daten durch Leitungen oder Rohre von außen ins Haus und Abluft, Abwasser, Außentrinkwasser, Außenregenwasser, Außenstrom, Außenschwachstrom, Abgas und andere Daten an anderer Stelle durch Leitungen oder Rohre wieder aus dem Haus nach außen geführt werden. Dabei gibt es direkte Durchdringungen zwischen Innenraum und Außenluft wie auch Durchdringungen zwischen Innenraum und anderen Räumen, die zwar auch innerhalb des Gebäudes, aber außerhalb dessen luftdichtender Gebäudehülle liegen, z.B. im Keller, Dachboden, Treppenhaus, Hausflur oder Garagenbereich. Neben den genannten üblichen Grundinstallationen können noch weitere ausstattungsbedingte Installationen die luftdichtende Gebäudehülle durchqueren. Dies sind z.B. Abluftleitungen von Wäschtrocknern und Dunstabzugshauben, Antennenkabel oder Strom- und Wasserleitungen von Solaranlagen.

All diese Durchdringungen von Installationen müssen in einem Gebäude, das insgesamt eine hohe Luftdichtheit erreichen soll, sorgfältig und dauerhaft wirksam gegenüber der von ihnen durchdrungenen luftdichtenden Schicht der Gebäudehülle abgedichtet werden. Diese Anforderung betrifft sowohl die Abdichtung zwischen der Außenseite des jeweiligen Installationselements (z.B. Luftkanal, Rohr, Hüllrohr, Leitung oder Kabel) und der von ihm durchdrungenen luftdichtenden Bauteilschicht (z.B. Betondecke, Putzschicht auf Mauerwerk, Folie oder Holzwerkstoffplatte im Leichtbau) wie auch die Abdichtung gegen unerwünschte Luftströme innerhalb des Installationselements selbst, z.B. innerhalb des Hüllrohrs von Stromleitungen, des Schutzrohrs von Gas- und Wasserleitungen oder innerhalb der Dämmstoffhülle isolierter Luftkanäle, Heiz- oder Solarleitungen.

Komplikationen bei Installationsdurchdringungen lassen sich stark verringern, wenn bei der Installationsplanung einige wesentliche Grundsätze berücksichtigt werden, die hier stichwortartig genannt seien:

Die **Anzahl der Durchdringungspunkte** von Installationen durch die luftdichtende Gebäudehülle sollte **so gering wie möglich** sein. Dies erfordert teils andere Installationskonzepte, als bisher üblich.

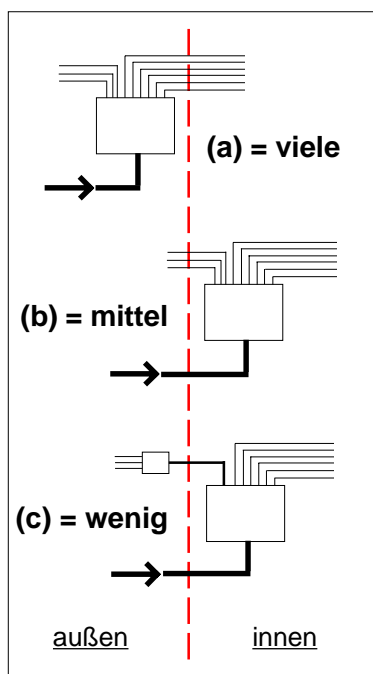


Bild 6.5- 1: Anzahl der Durchdringungen bei Leitungsnetzen mit Verteilern je nach deren Lage.

Verteilerkästen sich stark verzweigender Installationen sollten **innenseitig der luftdichtenden Ebenen** eingebaut werden, da dann nur die wenigen Durchdringungen der Hauptleitungen, nicht aber die von vielen Einzelleitungen abzudichten sind. Dies gilt sowohl für ins Haus hineinführende wie auch für wieder herausführende Teileitungen (bei Strom z.B. für Außenlicht, Gartensteckdose, Garage, Keller, Treppenhaus etc.). Diese sollten zunächst mit nur einem oder wenigen Hauptleitungen von Innenraum in z.B. einen außerhalb des luftdichten Gebäudeteils liegenden Keller geführt und erst ab dort zu den verschiedenen Außenanwendungen weiterverzweigt werden.

(Bild 6.5-1) zeigt drei Beispiele solcher Verteilerkästen mit (a) außenliegender Verteilung und vielen Durchdringungen nach innen, (b) innenliegender Verteilung jedoch mehreren herausführenden Leitungen und mittlerer Anzahl von Durchdringungen oder (c) innenliegender Hauptverteilung und außenliegender Unterverteilung mit sehr wenig (hier nur 2) Durchdringungen der luftdichtenden Gebäudehülle, die hier als rot gestrichelte Linie eingezeichnet ist. Dieses Schema kann grundsätzlich gleichermaßen für Elektro-, Antennen-, Wasser-, Heizungs- und ähnliche Installationssysteme genutzt werden.

(Bild 6.5-2) zeigt zwei Beispiele der Verlegung von Abluftleitungen zu einem auf dem unbeheizten Spitzboden außerhalb der luftdichtenden Ebene stehenden Abluftventilator. In Beispiel (a) sind die Abluftleitungen der einzelnen Räume individuell auf den Spitzboden hochgeführt und erst dort vor dem Ventilator zusammengeführt; dabei entstehen drei Durchdringungen der luftdichtenden Kehlbalkendecke; in (b) liegt die Zusammenführung bereits im OG und es ergibt sich nur noch eine einzige Deckendurchdringung.

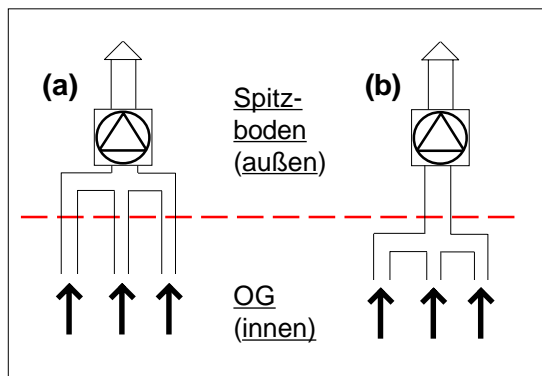


Bild 6.5- 2: Anzahl der Durchdringungen der Kehldecke bei Lüftungsleitungen, deren Sammler im Spitzboden (a) oder im OG (b) liegt.

Bei der **Lage von Durchdringungen** muß auf die Abdichtungstechnik Rücksicht genommen werden. Je nach Art der für die Installationsdurchdringung belasteten oder geschaffenen Öffnung in der luftdichtenden Bauteilschicht (Betonaussparung, Mauerloch, Folieneinschnitt, Holzbohrung) und Art des Abdichtungsmittels (Putz, Fugenfüller, Verklebung, Papp- oder Folienstreifen, Anpreßdichtband mit Halteleiste etc.) muß **um die Installation herum genügend Arbeitsraum** belassen werden, um die Installation selbst und ihr Dichtmittel anarbeiten und evtl. erforderliche Werkzeuge handhaben zu können. Dies ist besonders bei Putz-, Klebe- und Folienanschlüssen wichtig. Abdichtende Leitungen sollten z.B. nicht in Raumecken oder direkt an Wänden, neben Balken oder Stahlträgern oder neben anderen Leitungen verlegt werden.

Der Montageablauf von Installationen und von luftdichtenden Schichten von Flächenbauteilen muß aufeinander abgestimmt und im Bauzeitenplan eingeplant werden. Weder sollten Installationen so früh und unbedacht montiert werden, daß sie die spätere Montage der luftdichtenden Schichten der Flächenbauteile behindern oder verunmöglichen, noch dürfen Installationen bereits vorhandene Luftdichtungsebenen wieder beschädigen oder zerstören. Auch sollten die geplanten Durchdringungspunkte der Installationen und die Zuständigkeit der Gewerke für deren Vorbereitung und Abdichtung unmißverständlich geklärt werden. Bei Mauerwerken, deren vollflächiger Innenputz luftdichtende Bauteilschicht ist, ist es vor allem wichtig, daß Leitungen und andere Installationen in und vor Wänden so montiert werden, daß ein vollflächiges Aufbringen des Putzes nicht behindert wird (vgl. spätere Fotos) oder daß an nachher nicht mehr verputzbaren Flächen ein luftdichtender Putz schon vorab aufgebracht wird. Im Leichtbaubereich sollten Elektriker ihre Leitungen möglichst nur innenseitig der luftdichtenden Folien, Pappen oder Holzwerkstoffplatten verlegen, also erst nach deren Montage und nicht schon vorher.

Geeignete Dichtmittel zwischen Installationen und den von ihnen durchdrungenen luftdichtenden Flächenbauteilen sind eine weitere Voraussetzung für eine einwandfreie Luftdichtung. Sie müssen auf die Geometrie und Oberflächenstruktur der jeweiligen Durchdringung, die zu verbindenden Materialien, die vorkommenden Temperaturen und Feuchten und auf eventuell einwirkende mechanische Kräfte an den Dichtstellen abgestimmt sein. Für Installationsdurchdringungen gibt es eine Vielzahl möglicher Randbedingungen, die hier nicht umfassend abgehandelt werden können, jedoch können einige Hinweise für die häufigsten, bei den untersuchten NEH aufgetretenen Luftleckagepunkte gegeben werden:

Elektroleitungen ohne Hüllrohr, die direkt durch verputzte Wände führen, können durch sorgfältiges Anputzen und solche, die durch eine Luftdichtungsfolie oder -pappe von Leichtbauteilen führen, durch sorgfältiges, mehrlagiges Abkleben mit dafür geeigneten Klebebändern meist hinreichend luftdicht werden. Für eine dauerhafte Dichtheit ist es vor allem wichtig, daß die Leitungen nachträglich keiner mechanischen Belastung durch Biegen oder Zerren ausgesetzt werden, was sich durch Montage von Klemmdosen direkt hinter Durchdringungen erreichen läßt.

Geriffelte Hüllrohre von Elektro- und Sanitärinstallationen sind ihrer rauhen Oberfläche nur schwer zu dichten. Während sie an Mauerwerken und Betonbauteilen durch sorgfältiges Einputzen ausreichend dicht eingebaut werden können, gelingt ein Abkleben von Leerrohren an PE-Folien oder Baupappen meist nicht zufriedenstellend. Neben ihrer äußeren Abdichtung sind auch die inneren freien Querschnitte zu berücksichtigen, die luftoffene Verbindungen zwischen Innen und Außen darstellen können. Bei der üblicherweise großen Anzahl solcher Leitungen summieren sich die jeweils etwa zwei bis drei Quadratmeter großen Undichtheiten schnell zu faustgroßen Löchern. Der Innenraum von luftdichtenden Schichten durchdringenden Hüllrohren sollte deshalb mindestens an einem Ende nach dem Einziehen der eigentlichen Leitung ausgestopft, ausgespritzt oder mit einem anderen Hohlraumfüller verfüllt werden. Einige Hersteller bieten inzwischen bereits luftdichte Abzweigdosen- und Hüllrohrsysteme an.

Kalt- und Warmwasserleitungen sollten an der Leitung selbst, nicht an den ummantelnden Dämmhüllen abgedichtet werden, da diese selbst nicht luftdicht sind. Die Dichtmittel von Kaltwasserleitungen müssen dabei unempfindlich gegen Nässe durch Kondenswasser, die von Warmwasserleitungen unempfindlich gegen die zu erwartenden hohen Temperaturen sein.

Glattwandige, großformatige Leitungen für Abwasser, Fallrohrbelüftung, Frischluft, Zuluft, Abluft oder Fortluft von Lüftungsanlagen, Abgasleitungen oder andere ähnliche Leitungen und Kanäle lassen sich üblicherweise relativ einfach abdichten, wobei es sowohl für die Kunststoffleitungssysteme wie auch für die Metall- und Steinzeugleitungen spezielle Anschlußformteile für Mauerwerks-, Decken oder Folien-durchdringungen gibt, die aber wenig verbreitet sind. Sofern überstülpbare Formteile verwendet werden, müssen diese vor dem Zusammenbau des Rohrnetzes montiert werden. Dichtmanschetten mit Klebnaht können dagegen auch nachträglich noch angebracht werden, wenn die Rohrleitungen gut zugänglich sind (s.o.). Probleme gibt es auch bei Rohren und Leitungen großer Durchmesser, wenn diese stark gewellte Oberflächen haben, wie z.B. Aluflex- oder Kunststoffspiralschläuche, die im Lüftungsbau teilweise eingesetzt werden. Diese Materialien lassen sich normalerweise überhaupt nicht einwandfrei an umgebende Luftdichtungsebenen anschließen, so daß sie an Durchdringungsstellen nicht verwendet werden sollten.

Die **eigene Luftdichtheit durchdringender Installationen** ist außer bei den bereits erwähnten Hüll- und Schutzrohren vor allem auch bei planmäßig luftführenden Leitungen wichtig. Dies sind z.B. alle Leitungen von Lüftungsanlagen (incl. Dunstanzugshaube und Ablufttrockner), das Abwasserleitungsnetz und die Abgasleitungen bzw. Schornsteine von Heizungen und Öfen. Hier kommt es einerseits darauf an, daß diese Leitungen auf der gesamten Strecke zwischen ihrem Durchdringungspunkt der luftdichtenden Gebäudehülle und ihrer planmäßiger Öffnung zum Innenraum an allen Rohrstücken, Rohrverbindungen und Formteilen luftdicht sind, und daß sie andererseits außerhalb ihrer Nutzungszeiten auch an den raumseitigen Öffnungen dicht schließen. Dies kann durch handbetätigte, thermisch, elektrisch oder strömungsgesteuerte Deckel, Schieber oder Klappen erfolgen. Solche luftdichten Verschlüsselemente gehören bei handelsüblichen Lüftungsanlagen, Dunstabzugshauben, Wäschetrocknern oder Kachelöfen bisher nicht zum selbstverständlichen Lieferumfang, sondern müssen in der Regel gesondert installiert und geregelt werden.

Die **Umsetzung der hier geschilderten Aspekte** der Planung und Ausführung des luftdichten Einbaus von Installationen war häufiges Beratungsthema im Untersuchungsgebiet. Eine konsequente planerische Vorbereitung der Luftdichtheit von Installationsdurchdringungen konnte allerdings nicht beobachtet werden, auch wenn viele der genannten Aspekte bei einzelnen Objekten realisiert wurden. Die Vielzahl ermittelter kleiner Luftundichtheiten insbesondere an Elektro- und Sanitärinstallationen im Leichtbauteil der Häuser und an etagendurchdringenden Schächten und Schlitzen trug vermutlich wesentlich zu den Gesamtundichtheiten der mit der Blower-Door vermessenen NEH bei, auch wenn eine exakte Quantifizierung ihres Anteils nicht möglich war. (Bild 6.5-3) zeigt die Häufigkeiten, mit denen bestimmte Luftundichtheiten an bestimmten Installationskomponenten bei den gemessenen Objekten ermittelt wurden. Viele Fehlerarten kamen bei mehr als der Hälfte der gemessenen Objekte vor, obwohl gerade bei diesen Häusern wegen der bevorstehenden Luftdichte-Messungen relativ viel Aufklärung und Erfahrungsaustausch vorangegangen war. Aufgrund der nur beobachteten, nicht aber gemessenen Ausführung von Installationsdurchdringungen bei den anderen untersuchten Objekten ist zu vermuten, daß dort die Mängelquoten meist noch deutlich höher liegen.

Objekt	Fuge zwischen Bauteilen bei Messung dicht?												
	Lüftungsinstallation			Heizgs.San.Leitungen			Elektroinstallation						
	Leitung/ KB-Decke	Ventile/ AW	Leitung/ S-Dach	zu Schächten	zu KG-IW	zu Estrich	Elektrodose in				Elektrokabel in		Elektro- verteilung
							AW	Drempel*	Geschoßd.*	IW-kalt/warm	KB-Decke	S-Dach	
2	nein	ja	?	ja	-	ja	nein	nein*	ja	nein	nein	-	nein
8	-	ja	ja	-	nein	ja	ja	-	ja	-	ja	ja	ja
11	ja	ja	ja	nein	ja	ja	nein	-	ja	-	-	-	-
12	-	?	-	-	-	ja	ja	ja	ja	-	nein	-	-
13	nein	nein	-	nein	-	ja	nein	nein*	nein*	-	nein	-	-
17	-	ja	ja	nein	-	nein	ja	-	ja	-	nein	ja	ja
20	ja	ja	ja	ja	-	ja	ja	nein*	ja	-	ja	ja	nein
26	-	nein	-	ja	-	ja	ja	-	nein*	nein	nein	-	ja
19	-	nein	?	nein	-	ja	nein	-	nein*	nein	-	-	nein
33	nein	nein	-	nein	-	ja	nein	-	-	ja	nein	nein	ja
4	nein	ja	?	nein	-	ja	nein	-	ja	nein	-	-	nein
21	-	ja	ja	-	-	nein	ja	ja	ja	-	ja	ja	ja
22	ja	ja	ja	nein	-	ja	ja	-	ja	-	ja	ja	ja
10	nein	nein	nein	ja	-	ja	nein	-	ja	-	-	-	-
16	-	?	?	nein	-	ja	ja	ja	ja	-	-	-	nein
25	-	?	nein	ja	-	ja	nein	-	ja	-	-	ja	nein
Fehleranteil	63%	40%	25%	62%	50%	12,5%	44%	50%	20%	75%	60%	15%	55%

Bild 6.5- 3: Häufigkeiten ausgewählter Luftundichtheiten an Installationen.

Die häufigsten Mängel, waren dabei:

- **Installationen wurden zu nah an noch unverputzten Außenwänden verlegt**, so daß hinter ihnen kein vollflächiger Putz mehr aufgebracht werden konnte,
- **Hinter Installationen** an Außenwänden wie Badewannen, Duschwannen, Vorwandinstallationen, Spülkästen, Elektroverteilerkästen, Heizungsverteilerkästen etc **wurde überhaupt nicht verputzt**,
- **Installationsschächte und -schlitze wurden nach Einbau der Leitungen nicht verfüllt**, sondern nur überputzt und bildeten verdeckt Luftkanäle mit diffusen Auslässen z.B. an Deckenanschlüssen.
- **Aussparungen in Betondecken** für Leitungen wurden **nicht** oder mit nicht luftdichten Hohlraumfüllern wie Mineralwolle, Lumpen oder Ortschaum **verfüllt**, bevor die Trittschalldämmung und der Estrich verlegt wurden,
- **Elektroleitungen nach außen** wurden luftundicht eingebaut, ebenso Hüllrohre und ihre inneren freien Luftquerschnitte wurden an keinem Ende verstopft,
- **Steckdosen oder Verteilerdosen in Hohlstein-Außenwänden** wurden nur mit Mörtelbatzen fixiert statt satt ins Mörtelbett eingesetzt; dadurch ergaben sich luftoffene Verbindungen zwischen Außenluft, Hohlstein-Kammern, Steckdosen und Innenraum.
- **Zu- oder Abluftleitungen aus Kunststoffrohr** wurden in gebohrte Außenwandöffnungen nur eingelegt statt luftdicht eingearbeitet; zwischen ihnen und dem Mauerwerk blieben Luftspalte offen.
- **Fallrohrbelüfter-Leitungen** wurden im OG oft so eng in Raumecken verlegt, daß eine Anarbeitung von Folienmanschetten oder Abklebungen an ihrer Durchdringung durch das Schrägdach nicht mehr ordentlich möglich war.
- **Elektro- und Sanitärleitungen im OG und DG** wurden oft lange vor dem Einbau von Dämmung und Luftdichtung des Daches verlegt und dabei so an Sparren und Balken montiert, daß sie das spätere Verlegen von Folien oder Pappen stark behinderten und viele unnötige Durchdringungen entstanden.
- **Aluflexrohre als Lüftungsleitungen** wurden in vielen Häusern auch an Decken oder Wanddurchdringungen eingebaut. An ihrer geriffelten und weichen Oberfläche war weder ein Anputzen noch ein Abkleben oder Anarbeitungen anderer Luftdichtungsmaterialien möglich. An solchen Durchdringungsstellen von Aluflexrohren durch luftdichtende Schichten gab es häufig starke Undichtigkeiten.
- **Parallele Leitungen wurden in MFH teils bündelweise** und in schwer zugänglichen Ecken **durch Dichtungsebenen geführt**; hier war ein Abdichten der einzelnen Stränge praktisch gar nicht möglich, die Hohlräume wurden dann ersatzweise mit Ortschaum ausgeschäumt, wobei aber keine zufriedenstellende Luftdichtheit entstand. Ursache war häufig, daß die genauen Verlegewege an Deckendurchdringungen überhaupt nicht geplant waren, sondern es dem Installateur überlassen war, sich zu überlegen, wie er die Rohre unterbringt. Dieses Phänomen trat gleichermaßen bei Lüftungsrohren wie auch bei flexiblen Heiz- und Wasserleitungen auf.
- Die **Zuständigkeit für die Herstellung der Luftdichtheit** war auf fast allen Baustellen unklar. Weder diejenigen Monteure, die bereits vorhandene Luftdichtungsschichten bewußt durchtrennten, um irgendwelche Installationen zu verlegen, fühlten sich für die Wiederherstellung dieser Schichten zuständig, noch sahen es die Trockenbauer oder Putzer als ihre Aufgabe an, Problemstellen oder nachträgliche Schäden dritter wieder zu beseitigen. In vielen EFH waren es letztlich die Bauleute selbst, die sich um Abdichtung bemühten und auch bei mehreren MFH erfolgte anstelle einer luftdichte-orientierten Montageplanung nur eine Schlußabdichtung aller irgendwie entstandenen Leckagen kurz vor oder noch während der Luftdichtemessung, die dann oft nicht mehr den Anspruch dauerhafter Qualität erheben konnte.

Die folgenden Bilder zeigen ausgewählte Details von Installations-Durchdringungen durch luftdichtende Schichten aus der Bauzeit der untersuchten NEH:



Bild 6.5- 4: Strom-Hüllrohr direkt an Außenwand behindert vollflächiges Verputzen.



Bild 6.5- 5: Strom-Hüllrohr mit Abstand zur Außenwand ermöglicht vollflächiges Verputzen.



Bild 6.5- 6: Strom-Hüllrohre an Sparren genagelt behindern spätere Verlegung der Folie.



Bild 6.5- 7: Strom-Hüllrohre innenseitig der luftdichtenden Folie ergeben hohe Luftdichtheit.



Bild 6.5- 8: Steckdose in Hohlsteinwand mit starker Luftundichtheit..

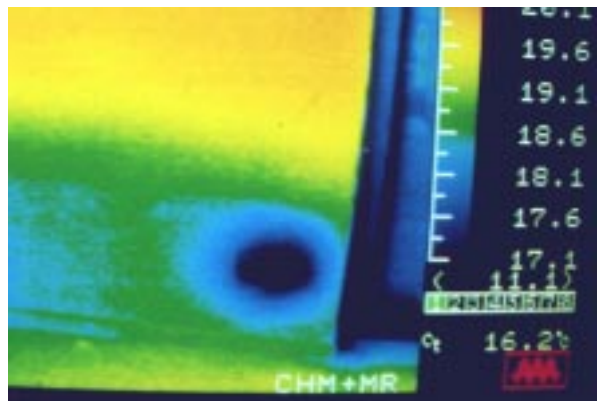


Bild 6.5- 9: Auskühlung rings um eine luftundichte Steckdose in einer Außenwand.



Bild 6.5- 10: Vorwandinstallation auf unverputzter Außenwand ergibt starke Luftundichtheit.

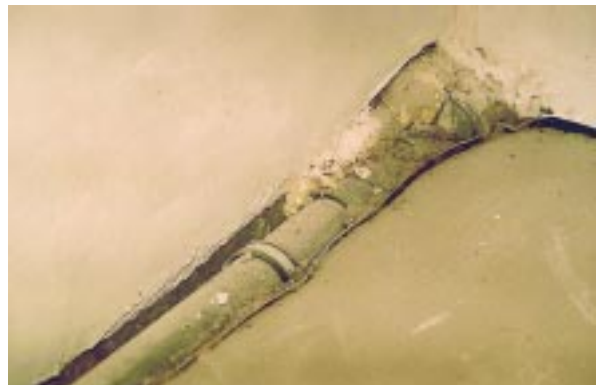


Bild 6.5- 11: Abwasserleitung zu nah an Wand verlegt behindert luftdichten Putz an Außenwand.



Bild 6.5- 12: Zu stark in die Ecke gequetschtes Fallrohr lässt sich nicht an die Folie andichten.



Bild 6.5- 13: Ebenfalls aus Platzmangel ungelöste Abdichtung zwischen Rohrleitung und Folienebene. Rohrverlegung in Außenecke des Raumes behindert auch den luftdichtenden Innenputz.



Bild 6.5- 14: Pseudo-"Abdichtung" zwischen Lüftungsrohr und Folie mittels Ortschaum.



Bild 6.5- 15: Abdichtungs-Manchette auf Abluftleitung schon vom Rohrbauer aufgesteckt. Rohrverlegung in Raumecke behindert jedoch Innenputz und Folienschluß an Wände.



Bild 6.5- 16: Abdichtungs-Manchette einer Abluftleitung nach der Verklebung auf der Spanplatte.



Bild 6.5- 17: Einbau der Lüftungsanlage vor der luftdichtenden Folie erschwert deren spätere Montage stark.



Bild 6.5- 18: Rohrdurchführung durch die luftdichtende Holzwerkstoffplatte im Schrägdach mit glattwandigen Rohren und Baupappe-Abklebung.



Bild 6.5- 19: Beengte Montage und Leitungsführung einer Abluftanlage mit undichter Durchdringung der luftdichtenden Folienebene.



Bild 6.5- 20: Direkt benachbarte Durchdringungen mehrerer Leitungen erschweren die Anarbeitung der Luftdichtung.



Bild 6.5- 21: Aluflex-Leitungen und Kunststoff-Wellrohre lassen sich praktisch nicht dicht mit Folienebenen verbinden. Montage der Rohre vor dem Verputzen behindert zudem den luftdichten Innenputz.



Bild 6.5- 22: Schon bei der Rohrmontage aufgesteckte Manschetten können die Luftdichtung erleichtern.



Bild 6.5- 23: Völlig beengte Platzverhältnisse in einem Mini-Heizraum erschweren alle Arbeiten an Installationen. Hier mußte z.B. die Dachfolie und innere Gipskarton-Bekleidung aufgeschnitten werden, um den Kessel überhaupt einbauen zu können. Die Wiederherstellung der Luftdichtung und Bekleidung oblag dem Bauherrn.