

Diploma Thesis

# Preventive refurbishment options for buildings at risk of surface water

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of  
Diplom-Ingenieur / Diplom-Ingenieurin  
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

---

DIPLOMARBEIT

## Präventive Sanierungsmöglichkeiten für oberflächenwassergefährdete Gebäude

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines / einer  
Diplom-Ingenieurs/ Diplom-Ingenieurin  
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Christopher Gruber, BSc**

Matr.Nr.: 1325768

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Andreas Kolbitsch**

Institut für Hochbau, Baudynamik und Gebäudetechnik  
Forschungsbereich Hochbaukonstruktionen und Bauwerkserhaltung  
Technische Universität Wien,  
Karlsplatz 13/208, A-1040 Wien

Wien, im März 2021

---

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Bearbeitung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Herrn Prof. Andreas Kolbitsch, der die Diplomarbeit betreut und begutachtet hat und mir mit Anregungen und konstruktiver Kritik zu Seite stand.

Ein großer Dank geht auch an DI Hans Starl vom Elementarschaden-Präventionszentrum (EPZ) Linz. Durch seine eigene Forschung im Thema Oberflächenwasser und der Entwicklung des Wassereinstau-Versuchsstandes, ermöglichte er mir erst die Bearbeitung dieses spannenden praxisorientierten Diplomarbeitsthemas. Einen wichtigen Beitrag leisteten Andreas Schmid und Sebastian Berg vom EPZ-Team, die maßgeblich beim praktischen Versuch und dem Kostenvergleichsbeispiel mitgewirkt haben.

Allen Firmen und Personen, die Material und Daten zur Verfügung gestellt oder sich zu Interviews bereit erklärt haben, gilt ebenso mein Dank.

Besonderer Dank kommt meiner Freundin Nina Poitschek zu, die mich stets zur Schreibarbeit ermutigte und mich mit guten Ideen inspirierte.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung erst ermöglicht haben.

## Kurzfassung

In den letzten Jahren stieg die Anzahl an Naturkatastrophen drastisch. Dazu werden auch Schäden durch Oberflächenwasser bzw. oberirdisches Hangwasser gezählt, welche durch Starkregenereignisse meist in kleinen unvorhersehbaren Gebieten entstehen. Die sogenannten >Pluvialen Hochwässer< - Oberflächenwasserabflüsse durch Starkregen ausgelöst - rufen mittlerweile die Hälfte aller Wasserschäden an Gebäuden hervor. Präventive Sanierungen zur Bekämpfung von pluvialen Wasserschäden sind essentiell, jedoch bis dato kaum erforscht.

Unter präventiver Sanierung versteht man konstruktive Maßnahmen am unbeschädigten Bestandsgebäude, um Schäden infolge von pluvialem Hochwasser zu vermeiden. In dieser Arbeit wird speziell auf die Schutzmaßnahmen direkt am Gebäude eingegangen, wobei sämtliche äußeren Schutzdamm-, Schutzmauer-, und Leitwandsysteme nicht behandelt werden. Jedes Gebäude hat in etwa die selben Schwachstellen gegenüber dem Eintritt von Wasser. Bei bestehenden Bauwerken muss die Ertüchtigung mittels Sanierungsarbeiten erfolgen. Um eine Sanierung sinnvoll zu gestalten, ist eine ganzheitliche Erfassung aller Schwachstellen durchzuführen, damit das Gebäude vollkommen gegen angreifendes Oberflächenwasser gerüstet werden kann. Bei Neubauten kann auf viele dieser nachträglichen Sanierungsarbeiten durch vorausschauende Planung verzichtet werden.

Mittels Literaturrecherche und empirischer Forschungsuntersuchungen, wird das Thema >Präventive Sanierungsmöglichkeiten für oberflächenwassergefährdete Gebäude< untersucht.

Der erste Teil der empirischen Forschung beinhaltet eine Naturkatastrophenevaluierung, die anhand eines Beispielprojektes mit einem vorgefertigten Evaluierungsbogen durchgeführt wird. Digitalen Gefahren- und Informationskarten werden grundlegende Daten zum Untersuchungsort entnommen. Mittels eines computerunterstützten Abflusssimulationsprogrammes können realistische Oberflächenwasserströme fiktiv am Untersuchungsort generiert werden. Am Objekt der Naturgefarevaluierung wird in weiterer Folge untersucht, wie teuer in etwa die Kosten einer präventiven Sanierung des Bestandsgebäudes im Vergleich zu einer Schadenssanierung sind.

Ziel des zweiten empirischen Teiles ist es, mittels Versuchen minderwertige günstige Kellerfenster, welche im Normalfall in zu sanierenden Bestandsgebäuden verbaut wurden, auf deren Widerstand gegen Wasserdruck zu untersuchen. Dies kann mit Hilfe des, vom EPZ Linz entwickelten, Wassereinstauversuchsstandes bewerkstelligt werden.

Als Ergebnis der beiden empirischen Teile konnte festgestellt werden, dass Kellerfenster, welche als gefährdetste Gebäudestelle für Wassereintritt gelten, am meisten Investitions- und Sanierungsaufwand benötigen, um Schäden vorzubeugen. Billig- und Mittelklasse-Kellerfenster sind nicht in der Lage pluvialen Hochwässern schadlos standzuhalten und sollten daher besonders bei oberflächenwassergefährdeten Gebäuden durch hochwasserbeständige Erzeugnisse ersetzt werden. Auch laut der Kostenvergleichsrechnung rentiert sich eine präventive Schutzsanierung im Vergleich zu den Wiederherstellungskosten einer Überflutung des Kellers.

## Abstract

In recent years, the number of natural disasters has increased dramatically. This also includes damage caused by surface water, which is usually generated by heavy rain events in small and apparently not endangered areas. Today, the so-called pluvial floods – surface water outflows triggered by heavy rain – cause half of all the damages on buildings through water. Preventive remediation to avoid pluvial water damage is essential, but so far little research has been done.

Preventive remediations are constructive measures on undamaged buildings in order to prevent damage due to pluvial flooding. This thesis only includes the direct measures on buildings for their safety. That is why external dams, protective walls, and guiding wall systems are not explained. The weaknesses and spots where water enters the house are nearly the same in every building. In the case of already existing buildings, the refurbishment must be carried by renovation work. To make sure a renovation is appropriate, a holistic assessment of all vulnerabilities must be undertaken so that the building can be completely equipped against attacking surface water. In the case of new buildings, many of these retrospective renovation measures can be replaced by proper preventive planning.

With literature and empirical research studies, the topic >Preventive refurbishment options for buildings at risk of surface water< will be discussed.

The first part of the empirical research includes a natural disaster evaluation, which is carried out on a basis of an example with a prefabricated evaluation sheet. Digital hazard and information maps are used to obtain basic data for the location of the investigation. With the help of a computer-assisted runoff simulation program, realistic surface water streams can be generated fictitiously at the test site. The natural hazard assessment should help to estimate the costs of a preventive refurbishment of the existing building compared to those of a damage rehabilitation.

The aim of the second empirical experiment is that inferior cheap cellar windows, which are normally installed in existing buildings to be renovated, will be examined for their resistance to water pressure. This can be achieved with the help of the water accumulation test machine developed by the >Elementarschaden Präventionszentrum Linz<.

The result of both empirical parts is that cellar windows, which are considered to be the most vulnerable part of the building concerning the entry of water, require the most investment and renovation effort to prevent damage. Cheap and average cellar windows are not able to resist pluvial floods without damage. Therefore they should be replaced by flood resistant products, especially in buildings at risk of surface water. According to the cost comparison calculation, a preventive renovation pays off compared to the restoration costs of a flooded cellar.

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung . . . . .	2
Kurzfassung . . . . .	3
Abstract . . . . .	4
<b>1. Einleitung</b>	<b>11</b>
1.1. Methoden . . . . .	11
1.1.1. Literaturoauswertung . . . . .	11
1.1.2. Empirische Arbeit . . . . .	12
1.2. Einführung in die Thematik . . . . .	13
1.2.1. Naturgefahren . . . . .	13
1.2.2. Oberflächenabfluss - Starkregen . . . . .	16
1.3. Forschungsstand - Normenüberblick . . . . .	17
1.3.1. Österreichische Normen . . . . .	17
1.3.2. Schweizer Normen und Richtlinien im Vergleich . . . . .	19
<b>2. Naturgefarenevaluierung</b>	<b>22</b>
2.1. Grundlagen . . . . .	22
2.2. Naturgefarenevaluierung eines Einfamilienhauses . . . . .	22
<b>3. Wassereintrittsgefährdete Gebäudestellen</b>	<b>26</b>
3.1. Undichte Abdichtungsebenen und Fugenkonstruktionen . . . . .	27
3.1.1. Flächige Bauteilabdichtungen . . . . .	27
3.1.2. Risse . . . . .	27
3.1.3. Fugenkonstruktionen . . . . .	28
3.2. Sockelbereich - Lichtschachtanschluss . . . . .	31
3.2.1. Sockelbereich bei Bestandsgebäuden . . . . .	31
3.2.2. Lichtschachtanschlüsse bei Bestandsgebäuden . . . . .	34
3.3. Rohrdurchführungen und Durchbrüche . . . . .	37
3.4. Kanalrückstau bei Abwasserleitungen . . . . .	37
3.5. Kellerfenster und Kellertüren . . . . .	39
3.5.1. Belastungsarten . . . . .	39
3.5.2. Schadensbilder und -ursachen . . . . .	39
3.6. Garagentore . . . . .	41
<b>4. Schäden infolge von Oberflächenwasser</b>	<b>42</b>
4.1. EDAC-Schadensskala für Hochwasser . . . . .	42

<b>5. Präventive Sanierungsmöglichkeiten bei Bestandsgebäuden</b>	<b>44</b>
5.1. Undichte Abdichtungsebene und Fugenkonstruktionen . . . . .	48
5.1.1. Flächige bauteilabdichtende Instandsetzungsverfahren . . . . .	48
5.1.1.1. PMBC, bahnenförmige Abdichtungen und Flüssigkunststoff	48
5.1.1.2. Innenabdichtungen . . . . .	49
5.1.1.3. Querschnittsabdichtende Injektionsverfahren . . . . .	51
5.1.1.4. Schleierinjektion . . . . .	53
5.1.2. Riss-Sanierungen . . . . .	53
5.1.2.1. Zementsuspensionen und -leime . . . . .	53
5.1.2.2. Polyurethan . . . . .	54
5.1.2.3. Acrylatgele . . . . .	55
5.1.3. Fugenkonstruktions-Sanierungen . . . . .	56
5.2. Sockelbereich - Lichtschachtanschluss . . . . .	57
5.2.1. Sockelbereich . . . . .	57
5.2.2. Lichtschachtanschluss . . . . .	58
5.3. Rohrdurchführungen und Durchbrüche . . . . .	61
5.4. Kanalrückstau bei Abwasserleitungen . . . . .	62
5.5. Kellerfenster . . . . .	66
5.5.1. Fenster- und Türanschlüsse nach ÖNORM B 5320: 2017 . . . . .	66
5.5.2. Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen nach ÖNORM EN 15651-1: 2017 . . . . .	67
5.5.3. Fenstertausch . . . . .	68
5.6. Kellertüren . . . . .	69
5.6.1. Hochgezogener Kellertreppensockel . . . . .	69
5.6.2. Wasserschutztüren . . . . .	69
5.7. Garagentore . . . . .	71
5.7.1. Garagenauffahrt mit Rampe und Bodenschwelle . . . . .	71
5.7.2. Hochwasserbeständige Tore . . . . .	72
<b>6. Präventive Errichtungsmaßnahmen für Neubauten</b>	<b>73</b>
6.1. Wasserdurchlässige Flächen . . . . .	73
6.2. Sammeln von Wasser in Versickerungsanlagen . . . . .	75
6.3. Geländegestaltung . . . . .	78
6.4. Bodenschwellen und -sockel . . . . .	78
6.5. Wasserableitungssysteme in richtiger Dimension . . . . .	79
6.6. Höhergelegte Eingangstüren . . . . .	81
<b>7. Kostenvergleich: präventive Schutzsanierung vs. nachträgliche Schadensanierung</b>	<b>82</b>
7.1. Szenario . . . . .	82
7.2. Präventive Schutzsanierung . . . . .	83
7.3. Schadensanierung . . . . .	84
7.4. Haushaltsversicherung . . . . .	84
7.5. Ergebnisse . . . . .	85

<b>8. Kellerfenstereinstauversuch</b>	<b>87</b>
8.1. Einstauversuchsrahmen . . . . .	87
8.1.1. Holzschalungs-Herstellung . . . . .	89
8.1.2. Fenstermontage am Versuchsrahmen . . . . .	91
8.2. Versuche . . . . .	95
8.2.1. Billig-Baumarkt-Kippfenster . . . . .	95
8.2.1.1. Versuch 10.09.2020 . . . . .	95
8.2.1.2. Versuch 16.09.2020 . . . . .	97
8.2.1.3. Versuch 30.09.2020 . . . . .	98
8.2.1.4. Versuch 07.10.2020 . . . . .	99
8.2.1.5. Versuch 14.10.2020 . . . . .	101
8.2.2. Mittelklasse Kellerfenster . . . . .	103
8.2.2.1. Versuch 24.11.2020 . . . . .	103
8.2.3. Ergebnisse . . . . .	104
<b>9. Zusammenfassung - Resümee</b>	<b>107</b>
<b>A. Elementarschaden-Risikoevaluierung &amp; Kostenvergleichsbeispiel</b>	<b>113</b>

# Abbildungsverzeichnis

1.1. Katastrophenrisikomanagement und Klimawandel in Interaktion [1] . . . . .	14
3.1. Sockeldetails in praktischer Ausführung 1 [2] . . . . .	33
3.2. Sockeldetails in praktischer Ausführung 2 [2],[3] . . . . .	35
3.3. Lichtschachtdetails in praktischer Ausführung [2] . . . . .	36
3.4. Rohrdurchführungsleck Schemenskizze [4] . . . . .	37
3.5. Kanalrückstau [5] . . . . .	38
5.1. Abdichtungsmaßnahmen-Übersicht der Kelleraußenwand [6] . . . . .	47
5.2. Innenabdichtung mit Dichtungsschlämme [6] . . . . .	50
5.3. Sanierung einer Fundament-Arbeitsfuge mit Injektionsharz [4] . . . . .	56
5.4. Lichtschachtabdeckung [7] . . . . .	59
5.5. Hochgezogener Lichtschachtsockel [5] . . . . .	60
5.6. Rohrdurchführungssanierung [4] . . . . .	62
5.7. Durchbruchssanierung [4] . . . . .	63
5.8. Rückstauverschluss [8] . . . . .	63
5.9. Abwasserhebeanlage [8] . . . . .	64
5.10. Fenstertausch Fa. Rascor [4] . . . . .	70
5.11. Hochgezogener Mauersockel bei Kelleraußentreppe [5] . . . . .	71
5.12. Rampe mit Bodenschwelle bei tiefliegender Garagenauffahrt [5] . . . . .	71
6.1. Unterschiedlicher Einfluss von befestigten und unbefestigten Flächen auf den Wasserkreislauf [9] . . . . .	75
6.2. Höhergelegte Eingangstüre mit Rampe [5] . . . . .	81
8.1. Einstauversuchsrahmen . . . . .	88
8.2. Holzschalung . . . . .	90
8.3. Fenstermontage im Versuchsrahmen . . . . .	92
8.4. Vorbereitungsarbeiten für Folienabdichtung . . . . .	93
8.5. Abdichtungsarbeiten mit Fensteranschlussfolie . . . . .	94
8.6. Billig-Baumarkt-Kippfenster . . . . .	96
8.7. Versuch 10.09.2020 . . . . .	96
8.8. Versuch 30.09.2020 . . . . .	99
8.9. Versuch 07.10.2020 . . . . .	100
8.10. Versuch 14.10.2020 . . . . .	102
8.11. Versuch 24.11.2020 . . . . .	103



# Tabellenverzeichnis

4.1. Definition der Schadensgrade [10] . . . . .	43
4.2. Beobachtete Schadensbilder und Klassifikationskriterien [10] . . . . .	43
5.1. Injektionsmittel und ihre Wirkprinzipien [6] . . . . .	52
6.1. Durchlässigkeitsbeiwert und Sickergeschwindigkeit für Lockersedimente [11]	76
6.2. Durchlässigkeitsbeiwert und Sickergeschwindigkeit nach eBOD [11] . . . .	76
6.3. Mindestabflusswerte für Bodenabflüsse [12] . . . . .	79

# Abkürzungsverzeichnis

BHQ	Bemessungshochabfluss
EDAC	Zentrum für die Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden
EHQ	Extremhochwasserereignis
EMS	Europäische Makroseismikskala
EPZ	Elementarschaden Präventionszentrum
FLK	Flüssigkunststoff
GFK	Glasfaserverstärkter Kunststoff
GOK	Geländeoberkante
KMB	Kunststoff Modifizierte Bitumen
LV	Leistungsverzeichnis
MDS	Dichtungsschlämme
PMBC	Polymer Modified Bitumenous Coating
PUR	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
SPUR	Schnellerhärtendes Polyurethan
TPE	Thermoplastisches Elastomere
WISA	Wasser Informationssystem Austria
WTA	Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft
WU	Wasserundurchlässig

# 1. Einleitung

## 1.1. Methoden

### 1.1.1. Literaturlauswertung

Die im Rahmen dieses Dokumentes durchgeführte Literaturlauswertung lässt sich in die fünf Bereiche Themenfindung, Literaturrecherche, Quellenarbeit, Schreibarbeit und Überarbeitung einteilen.

Infolge der Forschungsarbeit des Elementarschaden-Präventionszentrum Linz zur Thematik Oberflächenwasserabfluss und aufgrund meines persönlichen Interesses wurde das Diplomarbeitsthema >Präventive Sanierungsarbeiten für oberflächenwassergefährdete Gebäude< geboren. Die Bearbeitung startete am 27.06.2019 bei einem Gespräch mit dem Betreuer Univ.Prof. Dr. Andreas Kolbitsch und der offiziellen Vergabe der Diplomarbeit.

Für den Großteil der Literaturrecherche wurde sowohl die Präsenz- als auch die Online-Bibliothek der TU Wien verwendet. Des Weiteren stellte der Leiter des EPZ Linz Dipl.-Ing. Hans Starl Normen, Leitlinien, Informationen und diverse Unterlagen zur Verfügung. Der Onlineplattform >Research Gate< konnten ebenfalls Artikel entnommen werden.

Ein Teil der in der Arbeit verwendeten Quellen besteht aus Normen und Richtlinien des Österreichischen Normungsinstituts >Austrian Standards< und vergleichbaren Dokumenten aus Nachbarländern. Wissenschaftliche Bücher und Artikel sowie geeignete Diplomarbeiten rund um das Thema dieses Dokumentes wurden als Basis für die Informationsbeschaffung herangezogen. Einen weiteren Bestandteil der Quellenarbeit stellten durch Organisationen gefertigte Leitlinien, wie beispielsweise des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbands (ÖWAV) oder der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖRok), dar.

Zu Beginn der Diplomarbeit werden in der Einleitung wichtige einführende Prozesse erläutert und der Stand der Normung wiedergegeben. Der Aufbau der Arbeit wird in Anlehnung an ein vollständiges Sanierungskonzept dem zeitlichen Fortschritt nach gegliedert. Im ersten Schritt wird eine Evaluierung der Naturgefahren und deren Einwirkungen durchgeführt. In weiterer Folge kommt es zur Erhebung der möglichen Wassereintrittsstellen des Untersuchungsobjektes, des vermeintlichen Ausmaßes der Schädigung und letzten Endes zur Suche nach präventiven Instandsetzungsmöglichkeiten. Ergänzend zur Thematik der Diplomarbeit werden präventive Errichtungsmaßnahmen eines Neubaus angeführt. Nach dem empirischen Teil wird die Arbeit abschließend mit einem Fazit abgerundet.

Zusätzliche ergänzende Informationen wurden bei Interviews mit Professionisten wie Baumeistern (A. Wolf), Bauteilabdichtern bzw. Schadenssanierern (Rascor Abdichtungen GmbH, MIBAG Sanierungs GmbH), Versicherungsvertretern (Alianz Versicherung & Oberösterreichische Versicherung), Schadensgutachtern (P. Mayr) und Mitarbeitern von Forschungseinrichtungen (PFB Rosenheim) eingeholt.

Diese Arbeit wurde mit Hilfe des Textverarbeitungsprogrammes “LyX” gefertigt. Es eignete sich sehr gut für die Bearbeitung und Erstellung, da die Vorteile eines automatisierten Textverarbeitungsprogrammes (LaTeX) als auch die von einem mit graphischer Benutzeroberfläche (Microsoft Word) kombiniert werden.

Nach inhaltlicher, sprachlicher und formeller Überarbeitung wurde die Arbeit vom Diplomarbeitsbetreuer korrektur gelesen. Die Abgabe erfolgte am 15.03.2021.

### 1.1.2. Empirische Arbeit

Mittels eines Gebäudes als Beispielobjekt wurde eine Naturgefarenevaluierung und in weiterer Folge ein Kostenvergleich erstellt.

Die lückenlose Evaluierung, der auf ein Gebäude einwirkender Naturgefahren, ist besonders wichtig für die Wahl bzw. Entscheidungsfindung notwendiger Sanierungsmaßnahmen. Um den Ablauf bzw. die benötigten Unterlagen einer derartigen Untersuchung vorzuzeigen, wurde ein passendes Objekt gewählt.

Schritte zu setzen, im Sinne einer präventiven Sanierung eines Bestandsgebäudes, um den Einwirkungen eines pluvialen Hochwassers entgegenwirken zu können, ist mit einem gewissen finanziellen Aufwand verbunden. Es stellt sich daher die Frage, welche Kosten infolge einer präventiven Sanierung im Vergleich zu einer Schadenssanierung eines durch Oberflächenwasser gefluteten Gebäudes entstehen. Um die Wichtigkeit einer präventiven Sanierung, gemessen an der Differenz der Kosten der beiden Seiten des Vergleiches, zu eruieren, wurde dieses Vergleichsbeispiel ausgewertet.

Zur Überprüfung der Vollständigkeit der Untersuchung wurde der Naturgefarenevaluierungsbogen des EPZ Linz herangezogen. Digitale Gefahren- und Informationskarten wie DORIS, HORA und eBOD wurden verwendet, um Daten über das Gebäudegrundstück zu sammeln. Die Oberflächenabflusssimulation des Programmes JFlow generierte die Abflusswegigkeit und -menge eines fiktiven Starkregenereignisses. Sämtliche Gebäudepläne zum Untersuchungsobjektes wurden vom EPZ Linz zur Verfügung gestellt.

Um einen besseren Einblick in die Problematik des Wassereintritts bei günstigen minderwertigen Kellerfenstern, welche als gefährdetste Gebäudestelle gelten, zu bekommen, wurden empirische Versuche durchgeführt. Damit Durchflussmengen in Zahlen gefasst und mögliche Versagensszenarien herausgefunden werden können, wurden 6 Versuchen an 2 verschiedenen Fensterqualitäten durchgeführt. 5 Versuche galten einem Billig-Baumarkt-Kipp-Kellerfenster, um repräsentative Produkte des Bestandes zu testen. Ein weiterer Versuch wurde an einem Mittelklasse-Drehkipp-Kellerfenster durchgeführt. Dieser dient zum qualitativen und finanziellen Vergleich mit dem Produkt minderer Qualität.

Für die Versuchsdurchführung wurde der Versuchsstand des EPZ Linz genutzt. Dieser wurde mit einer selbst entwickelten Holzschalung ausgestattet. Wichtig war es, den einfachen Fenstertausch für die verschiedenen Versuchsdurchgänge und das Heben mit einem Stapler zu gewährleisten. Produkte, die für die Abdichtung des Fensteranschlusses verwendet wurden, stellte die Firma >DRG Dicht- und Klebetechnik GmbH< zur Verfügung. Sämtliche Kosten für Fenster, Holzschalung, Befestigungsmittel und weitere für den Versuch notwendige Materialien wurden vom EPZ Linz getragen.

## 1.2. Einführung in die Thematik

### 1.2.1. Naturgefahren

*„Hurrikan Katrina in den USA, Orkan Kyril in Europa, Überschwemmungen an der Elbe (2002, 2006) und am Rhein (v.a. 1993 und 1995) sowie die Hitzewelle in Europa 2003 sind nur einige Anzeichen für sich wandelnde globale und regionale Umweltbedingungen [13, Birkmann, 2008, S.6].“*

Der Klimawandel resultiert aus natürlichen internen und externen Prozessen. Anthropogene Veränderungen wie die Abänderung der natürlichen Landnutzung, als auch die Verschmutzung der Atmosphäre mittels Treibgasen und viele andere, sind Gründe für den sich fortsetzenden anthropogenen Klimawandel. Obwohl spezifische und lokale Auswirkungen des Klimawandels sehr ungewiss sind, kann eine Art von Veränderung in Bezug auf die Häufigkeit, Intensität und räumliche Ausdehnung, aber auch Dauer von extremen Wetterereignissen beobachtet werden. Hydrologische Ereignisse wie Hitzewellen, starke Niederschläge, Dürren und tropische Wirbelstürme zählen zu den sich am stärksten verändernden Klimaänderungsauswirkungen mit bedeutenden, schwerwiegenden, globalen Auswirkungen auf Mensch und Natur. Künftig werden innovative, verbesserte Prozesse benötigt um den negativen Auswirkungen des Klimawandels standhalten zu können. Trotz der technologisch verbesserten Frühwarnsysteme und des fortschrittlichen Wissens, welche die Anzahl an Todesopfern reduzieren konnten, kann mit den raschen klimatischen Entwicklungen und deren Auswirkungen nicht Schritt gehalten werden. Aufgrund der rasanten Zunahme an Naturereignissen, kommt es gebietsweise zu starken Störungen im Lebensraum der Menschen. Statistische Auswertungen haben gezeigt, dass die durch Naturkatastrophen entstehenden wirtschaftlichen Verluste schneller steigen, als das BIP pro Kopf. Dies bedeutet, dass es global gesehen wahrscheinlicher ist das Eigentum durch eine Naturkatastrophe zu verlieren, als mehr Wohlstand und Reichtum anzuhäufen [1].

*„Naturgefahren sind Ereignisse in der Natur, die zu einer Bedrohung von Menschen, Umwelt, Sach- und Vermögenswerte führen können. Gefahren im Allgemeinen werden nach der Häufigkeit ihres Auftretens und der Größenordnung (Intensität, Amplitude) ihrer Wirkung (des Naturprozesses) charakterisiert [14, 8, Suda, 2012, S.1].“*

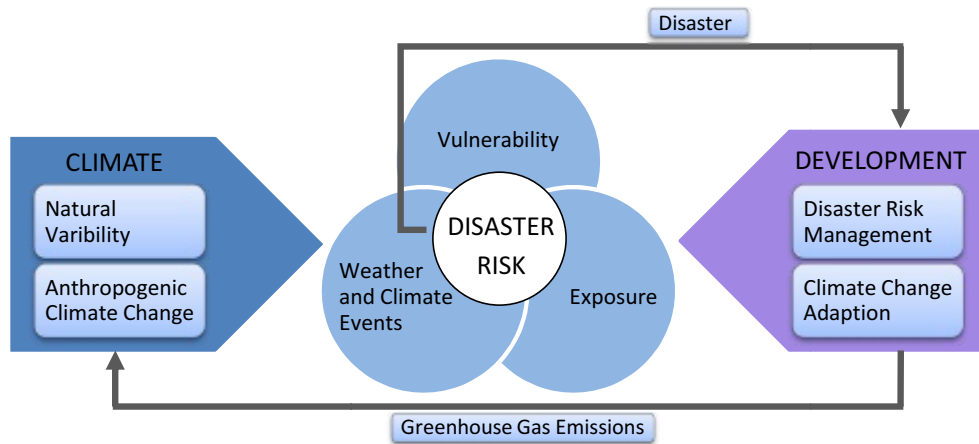
In Abbildung 1.1 wird der Zusammenhang zwischen Klimawandel und Naturgefahrenrisikomanagement dargestellt. Im Folgenden werden die in der Abbildung enthaltenen Begriffe erklärt bzw. deren Abfolge und Wechselwirkung zueinander dargestellt.

Das Schadensrisiko (Disaster Risk) ist die Kennzeichnung der Eventualität, dass mit einer Wahrscheinlichkeit ein Schaden bei einer (wirtschaftlichen) Entscheidung eintritt oder ein erwarteter Vorteil ausbleiben kann [15].

Die Exposition bezieht sich auf die Anwesenheit von Personen, Umweltressourcen, Infrastruktur oder soziale bzw. kulturelle Vermögenswerte an Orten, die durch ein physikalisches Ereignis betroffen sein können und dadurch zukünftig potenziell gefährdet sind [1].

Die Vulnerabilität (Vulnerability) ist gewisser Maßen die Neigung bzw. Veranlagung negativ beeinflusst zu werden. Personen oder Gruppen werden mit einer gewissen Situation konfrontiert, welche durch physikalische Einwirkungen hervorgerufen wird. Das

Abbildung 1.1.: Katastrophenrisikomanagement und Klimawandel in Interaktion [1]



Maß der Vulnerabilität ist abhängig von der Fähigkeit mit dem Ereignis umgehen zu können, ihm bestmöglich zu widerstehen, aber auch sich davon wieder erholen zu können. Bei Naturereignissen hat die Vulnerabilität einen direkten Zusammenhang mit der Kapazität [1].

Wetter- und Klimaereignisse (Weather and Climate Events) sind physikalische Einwirkungen, die in einem oder mehreren Ereignissen angreifen.

Katastrophenrisikomanagement (Disaster Risk Management) hat das Ziel, die Vulnerabilität der Menschen bei einer Naturgefahr so weit wie möglich zu reduzieren, damit sich aus einem physikalischen Ereignis keine Katastrophe entwickelt. Ein Naturereignis zu verhindern ist unmöglich, sich aber darauf einzustellen und die Auswirkungen möglichst zu reduzieren ist von großer Bedeutung [16].

Die Anpassung an den Klimawandel (Climate Change Adaption), bezieht sich sowohl auf menschliche als auch auf natürliche Systeme. Anthropogene Anpassungsprozesse an das tatsächliche bzw. an das prognostizierte Klima sollen dazu führen, dass Schäden weitgehend vermindert und Nutzen von positiven Effekten gezogen werden. Der Anpassungsprozess von natürlichen Systemen definiert die Auswirkungen auf das tatsächliche Klima. Mit angemessenen Handlungen der Menschen, können diese Anpassungen das künftig erwartete Klima begünstigen [1].

Die Natürliche Variabilität (Natural Variability) beschreibt die natürliche Vielfalt und Unberechenbarkeit aller Naturereignisse.

Alle in Abbildung 1.1 vorkommenden Bestandteile bilden ein Glied in einer in sich geschlossenen Kette. Beginnend mit dem Klima, welches abhängig von der natürlichen Variabilität und dem anthropogenen Klimawandel ist, entstehen Ereignisse einer gewissen Intensität. Ob diese eine Katastrophe auslösen, ist wiederum abhängig von der Stärke des Naturereignisses, der Vulnerabilität und der Exposition. Mit jeder Katastrophe können gewisse Erfahrungen gesammelt werden, wodurch ein gewisser Lerneffekt erzielt wird. Aus diesen Erkenntnissen (Katastrophenrisikomanagement) und der Anpassung an das Klima können vor allem die Vulnerabilität, aber auch teilweise die Exposition zu solchen Ereignissen verbessert werden. Damit der Kreislauf geschlossen werden kann, steht die Klimaanpassung unmittelbar im Zusammenhang mit dem fortschreitenden anthropoge-

nen Klimawandel. Um das in der Abbildung 1.1 zentrisch dargestellte Katastrophenrisiko zu verringern, sind Adaptionen und Fortschritte aller außerhalb angeordneten Komponenten notwendig [1].

In den letzten Jahren stieg die Anzahl an Naturkatastrophen drastisch, wodurch auch ein höheres Schadensrisiko zu verzeichnen war. Bei Naturkatastrophen entstehen rein wirtschaftlich gesehen die größten Schäden an Bauwerken. Abhängig von der Lage des Gefahrenherds bzw. der des gefährdeten Objekts variiert das Risiko eines Schadens durch ein Naturereignisses [8].

Unter Naturgefahren fallen folgende [8]:

1. Hydrologische Naturgefahren
  - Hochwasser
  - Fluviale Feststofftransporte
  - Erosion
  - Muren
  - Oberirdisches Hangwasser
  - Grundwasser
  - Überflutungen durch Rückstau aus Entwässerungssystemen
2. Schneegefahren
  - Schneelast bzw. Schneedruck
  - Lawinen
3. Geologische Gefahren
  - Erdbeben
  - Hangrutschungen
  - Felsstürze
4. Meteorologische Gefahren
  - Sturm
  - Starkregen
  - Hagel
  - Blitzschlag
5. Feuergefahren

In dieser Arbeit wird lediglich auf die Problemstellen von Gebäuden bei Gefahr von oberirdischen Hangwässern und Oberflächenwässern, welche aus Starkregenereignissen resultieren, eingegangen.

### 1.2.2. Oberflächenabfluss - Starkregen

Laut dem Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) entstehen etwa die Hälfte aller durch Hochwasser entstandene Schadensfälle durch pluviales Hochwasser [17].

*„Pluviale Hochwässer werden als Überflutungen durch oberflächlich abfließendes Wasser ohne Gewässer bezeichnet [17, Zahnt, 2018, S.65].“*

Pluviales Hochwasser entsteht in erster Linie durch Oberflächenabfluss bzw. oberirdisches Hangwasser, ausgelöst durch Starkregenereignisse. Derartige Regenereignisse zeichnen sich oftmals durch die extrem starke Regenintensität und die lokale Begrenzung aus. Ob diese steigende Tendenz an pluvialen Hochwasserschäden einen direkten Zusammenhang mit dem Klimawandel hat und welche Folgeeffekte zu erwarten sind, kann momentan nicht eindeutig gesagt werden [18]. Bei einem Starkregenereignis kann innerhalb von wenigen Minuten eine Unmenge an Wasser auf die Erdoberfläche gelangen. Sie treten meist bei sogenannten “Sommergewittern” auf, wo sich Regenwolken innerhalb von Minuten oder Stunden rasch leeren. Oftmals fällt in einem derartigen Ereignis die selbe Menge Regenwasser an, wie ansonsten in einem ganzen Monat [5].

Das Starkregenereignis der Stadt Münster (Nordrhein-Westfalen, DE) vom 28.07.2014 ist ein repräsentatives Beispiel für eine unerwartete Katastrophe. Innerhalb von 7 Stunden fielen 292 Millimeter Regen, davon 220 Millimeter in nur 35 Minuten. Im Vergleich zum Mittelwert für den gesamten Monat Juli, war dies mehr als die 4-fache Menge an Niederschlagswasser. Die Kanalisation konnte derartige Mengen an Wasser nicht aufnehmen, was zu Überflutungen jeglicher Art führte. Der Abfluss der Ems erhöhte sich durch das große Gewässereinzugsgebiet von ca. 9 auf etwa 130 Kubikmeter pro Sekunde. Bei dieser Katastrophe kam es zu enormen Sachschäden, aber auch zu Menschenopfern. Das geschilderte Phänomen war nicht das einzige, das bundesweit in Deutschland aufgetreten ist [19].

Um den Begriff “Starkregen” etwas genauer quantifizieren zu können, sind ungefähre Regenwassermengenangaben, bezogen auf eine gewisse Zeiteinheit, erforderlich. Bei lokal begrenzten Niederschlägen kommt es zu Niederschlagsmengen von mehr als 5 Millimeter je 5 Minuten, 7 Millimeter je 10 Minuten oder 20 Millimeter in einem Zeitraum von 90 Minuten [19].

Wenn der Untergrund mit dichtenden Materialien wie Beton oder Asphalt versiegelt ist, besteht keine Möglichkeit für die Versickerung des anfallenden Wassers. Die für diese Flächen konzipierten Abwassersysteme und -leitungen sind auch nur für Hochwasser mit einer bestimmten Jährlichkeit dimensioniert, wodurch diese im Falle eines gebietsweisen Starkregenereignisses überlastet werden. Wenn beispielsweise durch intensive Landwirtschaft der Boden zu sehr konsolidiert wird, im Sommer stark ausgetrocknet ist oder in den Übergangszeiten die Oberfläche gefroren ist, kann nicht annähernd genügend Regenwasser im Untergrund versickern. In all diesen Fällen bilden sich an der Erdoberfläche Wasseransammlungen. Da Wasser immer den Weg des kleinsten Widerstandes nimmt, bilden sich in kürzester Zeit kleinere Bäche bzw. Oberflächenwasserabflüsse [5]. Die Themen Bodenversiegelung und Versickerung von Regenwasser werden in den Kapiteln 6.1 und 6.2 noch genauer betrachtet.

Zusätzlich zum anfallenden Regenwasser werden Schlamm und andere Sedimente von landwirtschaftlichen bzw. forstwirtschaftlichen Außengebietsflächen über Gräben und un-



tergeordnete Wege ins Siedlungsgebiet geschwemmt. Abhängig von Regenintensität und Größe des Oberflächenwasser-Einzugsgebiets werden aus kleinen Entwässerungsgräben und Straßen in kürzester Zeit unkontrollierte reißende Oberflächenwasser-Ströme [19].

Überschwemmungen können, unabhängig ob aus fließenden Gewässern oder bei Oberflächenabfluss, in statische und dynamische unterschieden werden. Statische Überschwemmungen treten vor allem bei sehr flachem Gelände auf und haben eine Fließgeschwindigkeit von weniger als 1 Meter pro Sekunde. Dynamische hingegen zeichnen sich durch große Fließgeschwindigkeiten aus. Sie sind vor allem im alpinen Bereich und bei steilen Hängen zu beobachten und weisen eine Fließgeschwindigkeit von mehr als 1 Meter pro Sekunde auf. Vor allem bei dynamischen Überschwemmungen bzw. Abflüssen kommt es zu Feststoff- und Sedimenttransportation [20].

Da solche Starkregenereignisse aufgrund des Klimawandels immer stärker und häufiger vorkommen, ist es unmöglich vorherzusagen, wann bzw. wo ein solches Ereignis stattfindet. Im Gegensatz zum fluvialen Hochwasser, welches sich auf Gebiete von Flüssen und Seen beschränkt, kann bei pluvialen Hochwasser keine eindeutige örtliche Eingrenzung gemacht werden. Abhängig von Topographie und Stärke des Regenereignisses, können sehr viele Gebiete, die auf den ersten Blick nicht gefährdet wirken, betroffen sein [5]. Überflutungen, ausgelöst durch pluviales Hochwasser, kommen in großer Häufigkeit und in besonders starker Intensität vor allem in Berg- und Hügellgebieten vor [17].

In den meisten Fällen beschränkt sich die Auswirkung von Oberflächenabfluss auf Sachschäden. Menschenleben sind nur sehr selten gefährdet. Nähere Details zu den Auswirkungen und Schäden durch Oberflächenwasser sind in Kapitel 4 zu finden.

Die wenigsten Gebäude sind gegen diese Art von Gefährdungen gesichert, was oftmals zu Überschwemmungen des Kellers, Tiefgaragen oder auch Wohnräumen führt. Aufgrund der schnellen Entwicklungszeit dieser oberirdischen Hangwässer, ist es nahezu unmöglich, schnell genug mit mobilen Dammsystemen und ähnlichen Schutzmaßnahmen darauf zu reagieren [5].

Um einer Gefährdung der Flutung von Gebäuden mittels Oberflächenabflusses und oberirdischen Hangwasser entgegenzuwirken, müssen im Falle eines Altbaus einige sanierende Maßnahmen getroffen werden. Diese präventiven baulichen Eingriffe werden in Folge im Kapitel 5: Präventive Sanierungsmöglichkeiten bei Bestandsgebäuden herausgearbeitet.

## 1.3. Forschungsstand - Normenüberblick

### 1.3.1. Österreichische Normen

In Österreich wird der Gebäudeschutz für die Naturgefahren Erdbeben, Sturm und Schneelast im Eurocode und dem dazugehörigen nationalen Anhangdokument berücksichtigt. Hochwasser, Lawine, Steinschlag und Rutschung hingegen sind nur im geringen Umfang rechtlich und technisch genormt. Lediglich für die Naturgefahr Hochwasser sind Vorgaben für technische Gebäudeschutzmaßnahmen vorhanden.

Bau(technik)gesetze und Bautechnikverordnungen der Bundesländer Österreichs enthalten Vorgaben zur Erhaltung des Standes der Technik. Nur teilweise behandeln diese den Gebäudeschutz in, durch Naturgefahren gefährdeten, Gebieten [8]. Vorgaben für bauliche Maßnahmen, welche in Bezug auf den Bemessungsabfluss des 100-jährlichen

Hochwassers erstellt werden, können kategorisiert werden. Im Folgenden werden unterschiedliche Kategorien angeführt und anhand von repräsentativen bundeslandspezifischen Baugesetzen erläutert [18].

- Allgemeine Bestimmungen: Es wird beispielsweise vorgeschrieben, dass das zu errichtende Bauwerk, als auch Nachbargrundstücke, infolge der Neuerrichtung nicht durch Naturgefahren wie Lawinen, Wasser, Vermurung, Steinschlag, Rutschung, etc. bedroht werden darf.
- Schutz vor Feuchtigkeit: Die Baugesetzgebung einiger Bundesländer sieht vor, dass Bauwerke, abhängig von deren Nutzungsvorgaben, gegen das Eindringen und Aufsteigen von Feuchtigkeit aus dem angrenzenden Untergrund dauerhaft abgedichtet werden müssen.
- Festlegung des Fußbodenniveaus: Infolge der erhöhten Ausrichtung der Fußbodenoberkante von Wohnräumen zum Anschlussgelände bzw. zur Rückstauenebene können Bauwerke maßgeblich vor dem Eindringen von Hochwasser geschützt werden.
- Lagerung gefährlicher Stoffe: Anlagen die gefährliche Stoffe beinhalten, müssen baulich gegen das Entweichen dieser konzipiert und errichtet werden, um keinerlei Gefährdungen für den Menschen und die Umwelt darzustellen.
- Zusätzliche behördliche Auflagen: Für die Gewährleistung der Sicherheit des Bauvorhabens sind organisatorische Auflagen, wie die zeitnahe Räumung von Parkplätzen und Errichtung von Absperrungen bei benötigtem Platzbedarf, vorgesehen.

Im Oberösterreichischen Bautechnikgesetz (BauTG22) werden Anforderungen an hochwassergeschützte Bauwerke aus dem Bautechnikrecht entnommen und gebündelt wiedergegeben. Es verlangt, dass alle bestehenden und künftigen Gebäude bis zum 100-jährlichen Hochwasserabflussniveau hochwassergeschützt ausgeführt werden sollen. Konkret bedeutet das eine vollkommene Abdichtung gegen angrenzende Grundwässer und Abflussgewässer der sich im zu schützenden Niveau befindlichen Baumasse. Ebenfalls wird gefordert, dass die Standsicherheit des Gebäudes weiterhin bestehen bleibt, was eine auftriebssichere Gebäudekonstruktion voraussetzt. Alle Fenster, Schächte, Leitungen, Ausbrüche und andere Einbauelemente eines Gebäudes sind gegen den Wassereintritt zu dimensionieren bzw. auszuführen. Die Fußbodenoberkante von Wohnräumen, Stallungen und bedeutenden betrieblich genutzten Räumen sollte mindestens 20 cm über dem Hochwasserabflussniveau des angrenzenden Abflussbereichs liegen. Lagerstätten und -räume mit zu schützenden Materialien und Flüssigkeiten, wie beispielsweise Öltanks, sollten wasserdicht ausgeführt werden. Abgesehen von den Empfehlungen in den Bautechnikgesetzen und -verordnungen bzw. vereinzelt Broschüren des österreichischen Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus, liegen in Österreich keine technischen Normen mit Geboten für den Gebäudeschutz gegen Hochwasser vor [8].

Die Anpassungsnotwendigkeit ist gemäß der österreichischen Bauordnung grundsätzlich nicht gegeben. Einige Bundesländer sind aufgrund einer Satzung in der Bauordnung ermächtigt unter besonderen Umständen, wie die Gefahr für Leben und Gesundheit von Menschen, nach Erstellung des positiven Genehmigungserlasses, zusätzlich nachträgliche Auflagen festzulegen. Im Bestand kann dies zu einer Reduktion des vorhandenen Gefahrenrisikos beitragen [18].

Mittels Beschränkungen von gefährdeten Gebieten im Flächenwidmungsplan sowie im Bebauungsplan und dem Einhalten des Standes der Technik wird verhindert, dass Bauwerke in größeren Maßen gefährdet werden. Da die Bebauungsbegrenzung und -vermeidung in Gefahrenzonen vorliegt, ist die Anzahl an Gebäudeschutzgesetzen und -verordnungen äußerst gering. In der Realität steigt jedoch aufgrund von Platzknappheit vor allem im alpinen Bereich die Bebauung und Erschließung von mäßig gefährdetem Bauland. Dieser Anstieg erfordert eine Anpassung und das Etablieren von neuen Festlegungen und Richtlinien. Im Falle von mangelnden Vorschriften und Normen können Gebäudeschutzmaßnahmen nur durch Naturgefahrenexperten im Rahmen des Bewilligungsverfahrens einzelner Bauprojekte vorgeschrieben werden [8]. Ob ein Grundstück für die Bebauung geeignet ist, ist maßgeblich von der Lage, Gestalt und Erschließbarkeit abhängig. Über diese geographischen Parameter hinaus ist das Gefahrenpotential infolge von Naturgefahren zu bewerten. Seitens der Baubehörde muss im Voraus abgeklärt werden, ob die Eignung des erhobenen Bauplatzes für die Bebauung zugelassen werden kann bzw. jegliche Gefährdungen infolge von baulichen Maßnahmen bewältigbar sind.

Der Vorteil Bauvorschriften anhand der Bebauungsplanung durchzuführen, im Gegensatz zu jener im Bauverfahren selbst, ist die gebietweise Vereinheitlichung der Festlegungen. Die Raumordnungsgesetzgebung in Österreich nutzt diese beinahe ausschließlich für allgemeine Vorgaben wie Hygiene, Ortsbild, ect., jedoch kaum für Bestimmungen im Hinblick auf Naturgefahren. Sollten künftig naturgefahrenangepasste Bebauungspläne erstellt werden, so können auch die, für den Bestand relevanten neuen gebietsweise auftretenden, Gefahren berücksichtigt werden. Nachträgliche Auflagen für Bestandsgebäude erzielen ein geringeres Risiko der Naturgefahren und speziell der Hochwasser betreffenden Ereignisse.

Pluviale und fluviale Hochwasserereignisse eignen sich unter anderem besonders gut für die Regelung von baulichen Vorgaben für die Bebauungsplanung. Folgende Punkte zielen auf örtlich begrenzte geländebedingte Anforderungen ab und bieten sich daher für die in einem größeren Gebiet zu treffenden Maßnahmen:

- Anordnung des Gebäudes am Grundstück
- Bestimmungen zu Geländeänderungen
- Ableitungsbauwerke (Flutmulden, Mauern, Dämme)

Ein möglicher Ausblick zur Intensivierung der im Bebauungsplan geregelten den Oberflächenabfluss betreffenden technischen Vorschriften bietet der Nationale Hochwasserrisikomanagementplan 2021 [18].

### 1.3.2. Schweizer Normen und Richtlinien im Vergleich

In der Schweiz werden die Naturgefahren wie Überschwemmung, Erdbeben, Murgang, Steinschlag, Lawine, Hagel, Sturm, Schnee und Erdbeben vor allem über die Normen SIA D 0260: 2019 und SIA 261/1: 2019 geregelt. Diese geben eine Art Leitfaden für die Vorgehensweise beim Umgang mit Naturgefahren. Letzteres beinhaltet zusätzlich mögliche Berechnungsmethoden für Einwirkungen und Angaben bzw. Verweise für konstruktive Maßnahmen [20],[21]. In den folgenden Absätzen werden einige wichtige Empfehlungen aus den beiden Normen zusammengefasst.

Die Behörden und der Gesamtleiter eines Bauprojekts (meist Architekt) sind aufgefordert Naturgefahren frühzeitig zu erkennen, angemessene Schutzmaßnahmen zu planen und im Falle von größeren Gefahren sogar zusätzliche Fachleute zu Rate zu ziehen.

Der erste Schritt im Umgang mit Naturgefahren besteht aus einer Risikoanalyse. Alle Auswirkungen inklusive Intensitäten und Eintrittshäufigkeiten (Wiederkehrperiode bzw. Eintrittswahrscheinlichkeit) werden evaluiert. In weiterer Folge werden gewisse Schutzziele mit der Leitfrage: „Was darf passieren?“ formuliert. Entsprechende Anforderungen werden anhand der Auswirkungen an Personen bzw. an materiellen Wertgegenständen definiert. Um die Schutzziele zu erreichen, sind Schutzkonzepte gefordert, welche Schäden bei Einwirkungen genormter Intensitäten und Jährlichkeiten eingrenzen oder sogar verhindern. Jegliche Abweichungen von den Normen sind nur möglich, falls ein Anwendungsfall nicht in diesen enthalten bzw. eine Abänderung gewisser Parameter gerechtfertigt ist. Ausnahmen und Änderungen des Schutzziels (Erhöhungen oder Absenkungen) bedürfen eine angemessene Begründung gegenüber den Behörden.

Zur Prävention von Überschwemmungen infolge von Oberflächenwasserabfluss und Hochwasser, werden Gefahrenzonen von besiedelten Gebieten flächendeckend in den Gefahrenkarten eingetragen. Daten zu Fließhöhen und Stauhöhen von sämtlichen Regenintensitäten und Hochwässern gewisser Jährlichkeiten werden mittels Abflusssimulationen ermittelt und sind in den Karten enthalten. Zu beachten ist, dass der Wasserrückstau der Kanalisation bei Überlastung und der Grundwasseranstieg beispielsweise bei lange andauernder Wassereinwirkung, in den Gefahrenkarten nicht mit berücksichtigt sind.

In erster Linie wird das Schutzziel von Überschwemmungen mit Hilfe der Wirkungshöhe definiert. Diese setzt sich aus der Fließhöhe zuzüglich der Stau- oder Wellenhöhe zusammen und darf die Schutzhöhe nicht überschreiten. Grundsätzlich gilt, je steiler der Hang, desto schneller ist die Fließgeschwindigkeit bzw. desto größer ist der Anteil des Stauhöhenzuschlages. Dies ergibt wiederum eine Anhebung der Schutzhöhe. Sämtliche Durchdringungen, die unter dem Schutzniveau liegen, sind wasserdicht auszuführen. Anfallende Änderungen am Projekt sind mit dem Schutzkonzept abzustimmen und gegebenenfalls nach behördlicher Bewilligung zu adaptieren. Beim Erstellen des Schutzkonzeptes ist außerdem eine Dokumentation sämtlicher Rahmenbedingungen, der Auswahl der Schutzmaßnahmen, des Konstruktions- und Materialkonzeptes, der Zielsetzungen und Verantwortlichkeiten, der Nutzungsvereinbarungen und der Fachgutachten in einem Projektpflichtenheft vorzunehmen. Bei der Abnahme seitens des Bauherren sind betriebliche Einführungen und Angaben zur Bewirtschaftung, Pflege, Service bzw. Kontrolle und Wartung zu besprechen [21].

Für die Planung und Bemessung von Schutzbauwerken jeglicher Art, unter anderem auch für Naturgefahren, ist das Personenrisiko heranzuziehen. In Wirtschaftlichkeitsberechnungen ist die Grenze für das akzeptable individuelle Todesfallrisiko infolge von Naturgefahren mit  $10^{-5}$  festgelegt. Ist das Personenrisiko als höher einzustufen, sind Maßnahmen zur Verminderung dieses Risikos gefordert. Ob eine Schutzmaßnahme aus wirtschaftlicher Sicht überhaupt in Erwägung gezogen wird, hängt vom Nutzen-Kosten-Verhältnis ab. Abhängig vom Sachwertrisiko und dem damit verhinderten Risiko (Nutzen), im Vergleich zum ursprünglichen Zustand, kann entschieden werden ob ein Schutzbauwerk rentabel ist. Dies ist der Fall, wenn das Nutzen-Kosten-Verhältnis größer als 1 ist [20].

Dem Schlussentwurf der Schweizer Norm SIA261/1: 2019 - „Einwirkungen auf Trag-

werke - Ergänzende Festlegungen“ kann die Berechnung der Wirkungshöhe  $h_{wi}$  eines Hochwassers entnommen werden. Demnach sind Hochwasser unterteilt in:

- Seehochwasser
- Flusshochwasser
- Bachhochwasser
- Hochwasser durch Oberflächenabfluss

Bauwerke aller Bauwerksklassen müssen dem Bemessungsereignis mit Wiederkehrperiode von 300 Jahren standhalten. Bauwerke der Bauwerksklassen II und III sind zusätzlich an die Einwirkungen des Extremereignisses (EHQ), welches größere Wiederkehrperioden aufweist, anzupassen. Sicherheiten werden im Zuge der Berechnung durch die Erhöhung der Wirkungshöhe  $h_{wi}$  erreicht. Diese errechnet sich folgendermaßen:

$$h_{wi} = h_f + h_\gamma + h_{stau} + h_{wellen}$$

Die Höhenzuschläge  $h_f$  sind in Abhängigkeit von der Intensität und der Einwirkungsart des Bemessungsereignisses zu ermitteln. Diese Norm beinhaltet sämtliche Bedeutungsbeiwerte  $\gamma_f$ , welche als Sicherheitsbeiwerte im Nachweisverfahren zu handhaben sind, und Höhenzuschläge  $h_\gamma$  bezogen auf die Bauwerksklasse und das Bemessungsereignis (HQ300, EHQ). Der Höhenzuschlag  $h_{stau}$ , infolge der Aufstauung direkt am Bauwerk, errechnet sich wie folgt:

$$h_{stau} = \frac{v_f^2}{2g}$$

Die Wellenhöhe  $h_{welle}$  ist bei Seehochwasser beispielsweise mit dem Wert von 0,5 Meter zu wählen. Wellenhöhen der anderen Hochwasserarten sind abhängig von den örtlichen und geologischen Gegebenheiten zu wählen.

Die errechnete Wirkungshöhe  $h_{wi}$  gibt zum einen die erforderliche Höhe der Dichtheitsanforderungen am Bauwerk und zum anderen die zufolge der Überschwemmung entstehenden Wasserdruck- und Erddruck-Einwirkungen an. Diese sind je nach Überschwemmungsart (statisch oder dynamisch) gesondert zu berechnen. Sämtliche Stabilitätsnachweise eines Bauwerkes sind den Einwirkungen der Überschwemmungsberechnung anzupassen. Mitgeführte Feststoffe, wie Geschiebe, Sedimente und Treibholz, haben ebenfalls Auswirkungen auf das Bemessungs- und Einwirkungsereignis. Für die Evaluierung der Einwirkungen sind Intensitätswerte wie Fließhöhe, Fließgeschwindigkeit, Feststofferosions- bzw. Ablagerungsmächtigkeit und Treibgutabmessungen bzw. -dichten zu erheben.

SIA 261/1: 2019 befindet Terrainveränderungen in den meisten Fällen als die wirksamste und kosteneffizienteste Schutzmaßnahme. Einwirkungen von Wiederkehrperioden bis 100 Jahre (HQ100) ist mit permanenten Schutzmaßnahmen entgegenzuwirken. Mobile Schutzmaßnahmen dürfen nur dann eingesetzt werden, wenn permanente Schutzmaßnahmen finanziell und technisch nicht akzeptabel sind [22].

Weiterführende Daten und Berechnungsmethoden zu Einwirkungen und Nachweisführungen sind den oben angeführten Normen zu entnehmen.

## 2. Naturgefahrenerevaluierung

### 2.1. Grundlagen

Um ein Schutzkonzept für ein Gebäude bzw. Bauwerk zu erstellen, muss eine ganzheitliche Betrachtung angesetzt werden. Das bedeutet, dass alle Naturgefahren-Szenarien erfasst werden müssen, um mit den korrekten Maßnahmen darauf eingehen zu können. Fehlt auch nur ein Teil des Schutzkonzepts, sind bei einem maßgeblichen Ereignis alle Sanierungsarbeiten mit hoher Wahrscheinlichkeit umsonst [8].

Um alle möglichen vorliegenden Naturgefahren evaluieren zu können, gibt es sogenannte Evaluierungsbögen.

Im folgenden Kapitel 2.2 wird die Naturgefahrenerevaluierung anhand eines ausgewählten Objektes mit den Formularen des Elementarschaden-Präventionszentrum Linz (EPZ Linz) durchgeführt [23].

### 2.2. Naturgefahrenerevaluierung eines Einfamilienhauses

Es handelt sich bei folgender Naturgefahrenerevaluierung um den Neubau eines Einfamilienhauses. Wenn in dieser Arbeit von einer (vollständigen) Naturgefahrenerevaluierung die Rede ist, dann betrifft dies nur alle durch Regen bzw. Wasser hervorgerufenen Auswirkungen. Es wird dabei nicht auf Erdbeben, Hagel, Sturm, Schneedruck und jegliche Hangdestabilisationen, die unter anderem durch Naturgefahren hervorgerufen werden können, eingegangen. Sämtliche Unterlagen zur Naturgefahrenerevaluierung (Einreichplan [24], Siedlungsübersichtsplan aus DORIS [25], Hochwassergefahrenkarte aus DORIS [25], HORA Oberflächenabfluss-Karte [26], Oberflächenwassersimulation des EPZ Linz [24], eBOD Karten [27], Naturgefahrenerevaluierungsbogen [24]) sind im Anhang A einzusehen.

Wie im Einreichplan (EG) ersichtlich, ist aufgrund der Begradigung des Geländes das gesamte Grundstück mit einer Gartenmauer umschlossen. Lediglich die Einfahrt auf der Nordseite unterbricht diese. Die Mauer ist nicht als externes Oberflächenwasserableitungselement anzusehen. Die Stufe vom Anschlussgelände des Feldes an der Ost- und Südseite zu dem des Grundstückes selbst, ist mit ca. 10 bis 20 Zentimeter anzunehmen.

Für eine vollständige Wasser betreffende Naturgefahrenerevaluierung des Gebäudes wurden im Zuge der Arbeit sämtliche österreichischen digitalen Gefahrenkarten durchsucht, um erste Abschätzungen für vermeintlich negative Auswirkungen zu eruieren. Das >Digitale Oberösterreichische Raum-Informationssystem< (DORIS) des Landes Oberösterreich gibt online flächendeckend Informationen über den Kataster (DKM), Orthofotos, Adressen, den Flächenwidmungsplan, Wasser, Geologie, Verkehrszählungen und über den Stadtplan der Landeshauptstadt Linz. Auf diese Onlineplattform kann jede Person zugreifen (Link: <https://www.doris.at>) [25]. Ebenfalls online zugänglich ist die digitale



Gefahrenlandkarte HORA (Link: <https://www.hora.gv.at>). Informationen zu eventuellen Gefährdungen durch Hochwasser, Erdbeben, Sturm, Hagel und Schnee können dieser flächendeckenden österreichischen Karte entnommen werden [28]. Das Projekt HORA gibt Bürgern Hinweise über die Überschwemmungsgefahr und das zugehörige -risiko. Für Versicherungen schafft dieses eine Art Grundlage für das Identifizieren und Bewerten von Gefahren, um derartige Risiken versichern zu können [29].

Mittels Katasterplan mit Orthofoto wurde der Siedlungsübersichtsplan erstellt, um die Lage und örtliche Gegebenheiten zu erkennen. Das Evaluierungsgebäude ist mit einer kräftigen roten Farbe maßstabgetreu in das Orthofoto eingezeichnet. Mit einer dünnen schwarzen Einrahmung ist der Baugrund (302/5, 302/6) des Neubaus hervorgehoben. Folgende Fakten zum Gebäude können dem Einreichplan und dem Siedlungsübersichtsplan entnommen werden.

Der Baugrund befindet sich in einer kleinen Siedlung in Oberösterreich. Die genaue Lage wird aufgrund der möglichen Bebauung bewusst anonym gehalten. Das vollständig unterkellerte Hauptgebäude, mit einer westlich dazu direkt angeschlossenen Garage, befindet sich an einem etwa 4 bis 5 Prozent geneigten Südhang. Nördlich des zu evaluierenden Gebäudes befindet sich die Hauptanbindungsstraße der Siedlung. Die meisten Gebäude und auch der Kern der Kleinsiedlung sind nördlich dieser Straße situiert. Südlich des zu untersuchenden Neubaus befinden sich ausschließlich Wiesen und in weiterer Entfernung Felder.

Mit Hilfe der Gefahrenkarte für Wasser und Geologie aus DORIS konnte die Hochwassergefahrenkarte für den gewählten erweiterten Siedlungsausschnitt erstellt werden. Die Siedlung samt Neubau (in rot dargestellt) befinden sich in Bildmitte. Die Hochwassergefahrenkarte aus DORIS zeigt, dass in knapp 500 Meter Entfernung, westlich vom Evaluierungsgebäude ein mäandernder Fluss liegt. Dieser hat aufgrund der geologisch tiefer gelegenen Lage keinerlei Einflüsse auf die Siedlung des Evaluierungsgebäudes. Flusspegelhöchststände des Baches bei extremen Hochwasserereignissen und die daraus folgenden negativen Auswirkungen in Form einer Überschwemmung (in verschiedenen Blautönen dargestellt) betreffen lediglich den Ortskern des Ortes, was in dieser Arbeit jedoch nicht thematisiert wird.

Wie in der im rechten oberen Eck befindlich Legende der HORA Oberflächenabfluss-Karte ersichtlich, können die verschiedenen Einzugsgebiete mit deren ungefähren Gefälle farblich in dem Orthofoto dargestellt werden. Ebenfalls zeigt die Karte berechnete Hauptfließwege für den Oberflächenabfluss und die dazugehörigen möglichen Eintrittspunkte in das Siedlungsgebiet [26].

Wie konkret im Orthofoto der zu untersuchenden Siedlung durch die farbliche Schraffierung und der eingetragenen Hauptfließwege erkannt werden kann, befindet sich das Terrain südlich als auch östlich der Siedlung im 5 bis 25 prozentigen Gefälle zu dieser. Aufgrund der berechneten Hauptfließwege von Oberflächenwasser südöstlich zur Siedlung und deren Vereinigungen, kann auf ein großes Einzugsgebiet rückgeschlossen werden. Der vereinte Hauptfließweg mündet schließlich am möglichen Eintrittspunkt des Siedlungsraumes, welcher in der Karte als brauner Punkt abgebildet ist. An der Nordseite und der Nordostseite des Siedlungsgebietes sind zwei weitere mögliche Eintrittspunkte eingetragen.

Zu den Wasser- und Oberflächenwasserkarten wurden zusätzlich mit Hilfe der digitalen eBOD-Karte die Bodentypen und deren Versickerungsverhalten graphisch dargestellt.

Genauere Details bzw. Beschreibungen zur eBOD-Karte sind im Kapitel 6.2: >Sammeln von Wasser in Versickerungsanlagen<, welches sich mit den Versickerungsvermögen von Böden und Versickerungsanlagen beschäftigt, zu finden.

Anhand der gelb-braunen Schraffierung der eBOD - Bodentypen-Karte kann entnommen werden, dass es sich im Bereich um das Siedlungsgebiet um die Bodenart Lockersediment Braunerde handelt. Braunerde ist der häufigste Bodentyp in Österreich und gehört zu den neutralen bis mäßig sauren Böden des gemäßigt-humanoiden Klimas, welches vor allem in Europa, Nord- und Südamerika verbreitet ist [30]. Wie man in der eBOD - Durchlässigkeits-Karte erkennen kann, ist der nähere Bereich um die Siedlung mit einer türkisen Flächenmarkierung umgeben, welche laut der Legende den Klassifizierungstyp "gering" bezeichnet. Die im Kapitel 6.2 enthaltene Tabelle 6.2 zeigt, dass dieser Bodentyp den Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  von etwa  $10^{-7}$  Meter pro Sekunde und die Sickergeschwindigkeit  $v_f$  von ca. 0,006 Millimeter pro Minute ( $\frac{mm}{min} = \frac{l}{min * m^2}$ ) aufweist. Diese Werte sind verglichen mit den anderen Klassifizierungstypen der Tabelle 6.2 sehr klein und drücken das schlechte Versickerungsvermögen der in und um den Siedlungsbereich befindlichen Böden aus.

In Ergänzung zu den in Onlinekarten bestehenden Werten, wurde mit Hilfe des Simulations- und Berechnungsprogrammes JFlow das Siedlungsgebiet des Evaluierungsgebäudes untersucht. Um sich die Oberflächenwasserfließwegigkeit samt den Wasserständen bildlich vorstellen zu können, wird diese realitätsnahe Simulation in einer Abbildung dargestellt. Für die Simulation wurden folgende Parameter gewählt:

- Rasterauflösung: Digitales Geländemodell: 1 Meter x 1 Meter
- Regendaten: 49.1 Millimeter Bemessungsregen für ein 30-jährliches 30 Minuten langes Ereignis gemäß EHyd-Daten <https://ehyd.gv.at/>
- Abflussbeiwert: 0.50 - Dieser Wert wurde basierend auf den Daten der Bodenkarte und des Bewuchses angenommen.
- Rauigkeiten: Einheitsrauigkeit 0.03 Manning's N (entspricht dem Strickler-Wert von 30)
- Einzugsgebiet: rund 34 Hektar
- Simulationszeit: 6 Stunden - Für einen Teil der Auswertung wurde die Zeitachse auf 2 Stunden reduziert, da Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten danach vernachlässigbar klein sind.

Zu bedenken ist, dass ein 30-jährliches 30 Minuten andauerndes Regenereignis, abhängig von den Bewuchs- und Infiltrationseigenschaften des Untergrundes, in etwa ein 100-jährliches Hochwasserereignis am Gebäude hervorruft [23].

Sämtliche vom Simulationsprogramm JFlow ausgegebenen Abbildungen wurden zur Konzentrationszeit, also zur Zeit der höchsten Wasserpegelstände über GOK, erstellt.

Die Abbildung >Oberflächenwasserabflusssimulation Gebietsübersicht (Szenario 1: Ursprungsgelände)< im Anhang A stellt die Oberflächenabflüsse des zuvor definierten Bemessungsregenereignisses des Einzugsgebietes dar. Anhand der in verschiedenen Blautönen



dargestellten Wassertiefen, kann man erkennen, dass infolge der Bündelung der Oberflächenwasserabflussstränge Wassertiefen von etwa 50 Zentimeter über der Geländeoberkante entstehen. Der aus südöstlicher Himmelsrichtung kommende Oberflächenabfluss läuft direkt durch das Grundstück des Evaluierungsgebäudes.

Auf folgender Seite im Anhang A mit dem Namen >Oberflächenwasserabflusssimulation – Szenario 1: Ursprungsgelände< befindet sich eine Zusammenstellung der aus der Simulation erhaltenen Ergebnisse. Die Abbildung oben auf der Seite zeigt erneut die Wasserstände direkt am Gebäude im größeren Maßstab. Zusätzlich werden die drei Kellerfenster an der Ostseite und eines am südöstlichen Gebäudeeck, welche am meisten vom Oberflächenwasser angegriffen werden, durch schwarze Quadrate in der Abbildung dargestellt. Die Graphen links und rechts unten stellen die Wassertiefen (Depth) und die Fließgeschwindigkeiten (Velocity) im zeitlichen Verlauf, des südlichen und nördlichsten der an der Ostseite befindlichen Kellerfenster, dar. Die Maxima der Wasserpegelstände und Fließgeschwindigkeiten können in etwa 25 Minuten nach Beginn des Bemessungsregenerenignisses direkt am nördlichsten Kellerfenster abgelesen werden. Zur Konzentrationszeit kommt es zu Fließgeschwindigkeiten bis zu einen Meter pro Sekunde und zu Wasserständen von rund 0,55 Meter.

Im mittleren Teil der Zusammenstellung kann der Durchfluss (Discharge) am Gesamtabflussstrang: Q(1) etwa 6 Meter süd-östlich des Gebäudes (blau) und jener direkt am Gebäude: Q(2) (orange) abgelesen werden. Mit Hilfe der sogenannten Monitoring-Lines im Programm JFlow kann zur Konzentrationszeit der Gesamtdurchfluss von 3,93 Kubikmeter Wasser pro Sekunde angesetzt werden. Der für das Gebäude und die Kellerfenster an der Ostseite relevante Abflusswert beträgt 1,17 Kubikmeter pro Sekunde. Das Gesamtvolumen des direkt am Gebäude vorbeifließenden Wassers beträgt rund 2600 Kubikmeter.

Im Vorgriff auf das Kapitel 6.3 wird im Szenario 2 die Wichtigkeit der Geländegestaltung hervorgehoben. Die Zusammenstellung >Oberflächenwasserabflusssimulation - Szenario 2: Geländeaufschüttung< stellt das Evaluierungsgebäude in erhöhter Lage dar. In diesem Szenario wird eine fiktive Aufschüttung simuliert. Das Gebäude wird dabei auf einen 0,50 Meter hohen Sockel gestellt, der am Rand mit einer 0,25 Meter hohen Stufe schließlich auf die ursprüngliche Geländehöhe herabfällt. Es kann klar erkannt werden, dass eine Aufschüttung dieses Maßes zu einem erheblich geringeren Risiko führt. Der Gesamtdurchfluss Q(1) bleibt naturgemäß nahezu gleich zum Szenario 1. Der Durchfluss Q(2), welcher wiederum direkt am Gebäude ermittelt wird, verzeichnet hingegen nahezu keinen Abfluss und schlägt nur zur Konzentrationszeit kurz aus. Der Oberflächenabfluss kann, wie in der Abbildung und den Abflussdaten zu entnehmen ist, diese Stufe nicht überwinden und wird daher seitlich an der Aufschüttung entlang abgeleitet.

In weiterer Folge wird mit dem Beispielgebäude der Naturgefarenevaluierung eine fiktive Vergleichsrechnung durchgeführt. Es soll herausgefunden werden, wie teuer präventive Oberflächenwasserschutzmaßnahmen eines Einfamilienhauses im Vergleich zur Schadenssanierung (Wiederherstellung in gleicher Qualität) nach der Flutung eines Gebäudes kommt. Da Vertiefungen in die wirtschaftliche Berechnung und die objektspezifischen Parameter für ein besseres Verständnis notwendig sind, werden genauere Details und Erklärungen zu den beiden fiktiven Szenarien im Kapitel 7 erläutert.

### 3. Wassereintrittsgefährdete Gebäudestellen

Ende letztes Jahrhunderts bzw. in den letzten Jahrzehnten ereigneten sich besonders in den Themenschwerpunkten Wärmedämmungsausführung und Betontechnologie einige Meilensteine. Mit den Entwicklungen und Innovationen in diesen Gebieten und der dadurch möglichen Errichtung von >ausgebauten Kellern<, wurde auch der Abdichtung eine größere Bedeutung zugeschrieben [2].

Der durch Wasserschäden am meisten gefährdete Teil des Hauses ist der Keller. Gebäude die vor dem Jahr 1950 gebaut wurden, haben meist nur eine Art von ungeheizte Erdkeller für die Lagerung von untergeordneten Gütern. Die Außenschale von Erdkellern wurde entweder mit Normalformatziegel oder Schalsteinen gemauert oder aus einer dünnen Stahlbetonschale hergestellt. Diese wurden meist ohne Abdichtung errichtet, was zu einem hohen Feuchtigkeitsgehalt und zu Wasseransammlungen an Bodentiefpunkten führte. Diese Art von Keller beinhaltet weder Wertgegenstände noch wertvolle Einrichtung, wodurch eine Überflutung nur unwesentliche Schäden verursachte [2],[31].

Heute werden Kellerräumen verschiedenartig genutzt. Als Partyraum, Wellnessraum, Fitnessraum oder Freizeitraum werden diese oft exquisit eingerichtet und enthalten aus diesem Grund beträchtliche Summen an Wertgegenständen. Daher ist in Einfamilien- und kleinen Mehrfamilienhäusern, welche einen ausgebauten beheizten Keller besitzen, im Falle einer Überschwemmung mit großen finanziellen Schäden zu rechnen. Die Entwicklung von feuchten erdberührten Lagerräumen zum hochwertigen Kellernutzungskonzept bringt viele Abdichtungsmaßnahmen zum Schutz von Eigentum mit sich [32].

Anfänglich wurden in der Regel ausgebaute Keller mit Schalsteinen-Außenmauern ausgeführt. Vom Ende des 19 Jahrhunderts bis heute ist es Stand der Technik die Außenwände eines Kellers aus Stahlbeton zu errichten. Am Aufbau der tragenden Wandelemente selbst und deren Dimension hat sich von etwa 1950 bis heute kaum etwas geändert. Die wesentlichen Innovationen gelten der Dimension der Wärmedämmung und der Art der Abdichtung gegen Feuchtigkeit.

In der Literatur findet man zahlreiche Details, die beschreiben, welcher Kelleraußenwandaufbau im jeweiligen Jahr bzw. Jahrzehnt verwendet wurde. Diese theoretischen Ausführungsdetails wurden im letzten Jahrhundert, aber auch teilweise heute noch, selten so ausgeführt, wie es das Regeldetail beschreibt. Mangelnde Genauigkeit in der Ausführung, fehlendes Verständnis für das Detail oder unzureichende Materialqualität sind nur einige Gründe, warum eine Vielzahl an fehlerhaften Ausführungen in der Praxis vorliegen [2].

Anhand der heutigen fortschrittlichen Betontechnologie sowie der richtigen Dimensionierung der Bauteilstärken gelingt es die Rissbreiten der Betonwände so weit zu begrenzen, dass die Kapillaren der Betonbauteile grundsätzlich verstopft bzw. vollständig verfüllt sind und daher als dicht angesehen werden können. Um flächenhaft dichte

Kellerwände herzustellen, sind auch die Anschlussstellen an Einbauelementen wie Rohrdurchführungen, Durchbrüche, Zu- und Abwasserleitungen, Kellerfenster und -türen, etc. wasserdicht auszuführen [33].

In den folgenden Unterkapiteln werden wassereintrittsgefährdete Gebäudestellen angeführt, erklärt und mögliche Ursachen von Leckagen erörtert. Das Ausmaß der Wassereintrittsmenge korreliert meist unmittelbar mit der Größe der Durchdringung des flächenabdichtenden Elements des Gebäudes. Beispielsweise lässt ein mittels Wasserdruck zerstörtes Kellerfenster in der Regel größere Durchflussraten zu, als ein kleiner Riss in der Betonwand [34].

## 3.1. Undichte Abdichtungsebenen und Fugenkonstruktionen

### 3.1.1. Flächige Bauteilabdichtungen

Seit mehreren Jahrzehnten werden bei der Neuerrichtung von Gebäuden zur Abdichtung vor allem flächige Abdichtungen an der Außenseite der Kellerwände verwendet. Dazu zählen kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen (PMBC, früher KMB) und bahnenförmige Abdichtungen. Bei fachgerechter Ausführung versprechen diese vollflächigen Abdichtungssysteme zuverlässige wasserdichte Resultate.

Die häufigsten Fehlerursachen bei der Herstellung von flächenhaften Abdichtungssystemen sind anthropogener Natur. Ein möglicher Grund für die Entstehung von Leckagen ist die unzureichende Untergrundvorbereitung, welche als Haftgrund für die gewählte Dichtschicht dient. Dimensionierungsfehler bei der Schichtstärke bzw. -anzahl von Abdichtungsmaterialien können ebenfalls Ursprung undichter Stellen sein [6]. Eine mögliche Schadensursache an äußeren flächigen Abdichtungssystemen ist die Beschädigung der abdichtenden Ebene durch Hinterfüllungsmaterial. Sollten sich spitze Materialien in der Baugrube befinden, so können diese punktuelle Verletzungen der >Schwarzen Wanne< hervorrufen. Besonders gefährdet sind jene Flächenabdichtungen, die nicht durch eine ummantelnde Ebene gegen mechanische Beschädigungen geschützt sind [31]. Erklärungen der Abdichtungssysteme und mögliche Sanierungsverfahren dieser flächigen Ausführungen werden in Kapitel 5.1.1 angeführt.

### 3.1.2. Risse

Um in weiterer Folge die Ursachen entstandener Rissbildungen zu ergründen, ist eine Zustandsanalyse mit inkludierter Rissuntersuchung durchzuführen. Anhand dieser können folgende maßgebliche Eigenschaften erfasst werden [6]:

- Rissmerkmale (Rissart, Rissverlauf, Rissbreite, Rissbreitenänderung)
- Zustand (Feuchte, Verschmutzung, Aussinterung, vorangegangene Maßnahmen, Einbauten)
- Last- und Zwängungseinwirkungen (Lasteinwirkungsdauer, Temperaturdifferenzen)
- Ursachen der Trennrissbildung (Herstellungsverfahren, Nutzungsbedingungen)

- Bewehrungslagen und -stärken
- Baugrundeigenschaften (geologische und hydraulische Bodeneigenschaften)
- Selbstheilungsmöglichkeit von Beton
- Zugängigkeit

In der Praxis können menschliches Versagen als auch das Arbeiten bei unpassenden Arbeits- und Herstellungsbedingungen zu Fehlern im Bauteil, welche sich negativ auf die Wasserdichtheit auswirken können, führen. Für mangelhafte Ausführung typisch sind unvollständig verdichteter oder entmischerter Beton, wodurch Risse im und an der Oberfläche des Betonkörpers entstehen. Undichte Stellen an “Weißen Wannen” können bereits während der Bauzeit erkannt werden, wodurch unmittelbar darauf reagiert werden kann [31].

Im Grunde genommen entstehen Risse, ausgenommen von herstellungsbedingten Faktoren, vor allem durch last- bzw. bewegungsinduzierte Einwirkungen auf den Betonkörper. Dadurch wird die effektive Betonzugfestigkeit oder die Zugbruchdehnung erreicht bzw. überschritten. Sollte der ungefähre Rissentstehungszeitpunkt bekannt sein, kann dies als Hilfestellung zur Rissursachenfindung herangezogen werden. Um sämtliche Dimensionierungsvorgaben des bestehenden Bauteils seitens der Statik zu überprüfen, sollte eine Erhebung der Bewehrungspläne Aufschluss über die Bewehrungsführung geben. Die im Abbindeprozess von Zement mit Wasser entstehende Hydratationswärme kann, vor allem bei dickeren Bauteilen infolge des Abkühlungsprozesses entstehenden unterschiedlichen Kern- und Oberflächentemperaturen, zu Eigen- und Zwangsbeanspruchungen führen. Dieser Effekt kann durch die korrekte Ausführung der Betonnachbehandlung verringert, durch behinderte Schwindverformungen in langfristiger Sicht jedoch verstärkt werden. Sind lediglich einmalige herstellungsbedingte Mängel Grund für die Rissbildung, so sind diese meist durch einmalige Sanierungen dauerhaft wiederherstellbar.

Viel problematischer sind Instandsetzungen von wiederkehrenden Rissen, die beispielsweise anhand von witterungs- oder nutzungsbedingte Temperaturänderungen ausgelöst werden. Dazu gehören unter anderem das Schwinden infolge des Trocknungsprozesses, Untergrundumlagerungen und Quellprozesse des Baugrundes. Der Witterung frei ausgesetzte Betonbauteile sind vor allem durch zyklische Temperaturänderungen im täglichen als auch im jährlichen Umfang besonders rissgefährdet. Derartige Zwangsschnittgrößen samt der Entstehungsgeschichte und gegebenenfalls der Periodizität sind im Zuge der Zustandsanalyse in Anlehnung an der Rissform herauszufinden bzw. abzuklären [6].

Zusammengefasst müssen bei Bestandsgebäuden durch die Form des Risses und der Betrachtung der Umgebungseinflüsse Rückschlüsse auf die Entstehungsursache gezogen werden. Erst bei der Erkennung der tatsächlichen Ursache kann mit dem richtigen Sanierungsverfahren darauf reagiert werden [31]. Instandsetzungsmaßnahmen inklusive der passenden Materialwahl zu den genannten Schadensursachen sind im Kapitel 5 und 5.1 zu finden. Sanierungsverfahren für Risse im Betonkörper sind dem Kapitel 5.1.2 zu entnehmen.

### 3.1.3. Fugenkonstruktionen

Fachleute bezeichnen Fugen oft als geplante Risse. Genau an den Stellen, wo sich aufgrund der physikalischen und bautechnischen Eigenschaften von Beton ein Riss einstellt, hätte

eine Fuge eingeplant werden sollen. Trotz der Notwendigkeit von Fugenkonstruktionen stellen diese eine Schwachstelle für flüssige, dampfförmige, kalte oder warme Ein- bzw. Austritte dar. Um derartige ungewollte Effekte zu vermeiden, müssen Fugenkonstruktionen abgedichtet werden. Fachgerechte Ausbildungen haben großen Einfluss auf die Anfälligkeit für Raumtemperaturschwankungen, mindernder Lebensdauer und im weiteren Sinne auf die Wohnqualität. Da Fugenkonstruktionen im Sanierungsfall nur sehr schwer zugänglich sind, sind technisch aufwendige und kostenintensive Verfahren zur Instandsetzung notwendig.

Fugenkonstruktionen können in starre Fugen und Bewegungsfugen eingeteilt werden. Zu den starren Fugen werden Arbeitsfugen und Schwindfugen gezählt. Bewegungsfugen können aufgrund deren Verwendungszweck in Dehn-, Schein-, Raum-, Press-, Koppel- und Setzfugen eingeteilt werden. Gründe für Bauteilbewegungen sind:

- Setzungen: Bilden sich infolge von natürlichen zeitabhängigen oder von externen, durch Krafteinwirkung induzierten, Setzungsverhalten von mineralischen Baustoffen oder der unmittelbar angrenzenden Bodenstruktur.
- Formänderungen: Zufolge von Temperaturänderungen entstehen Spannungszustände, welche sich bei möglicher Bewegungsfreiheit als Dehnung oder Schrumpfung im Bauteil einstellen.
- Fremdeinwirkungen: Dazu zählen thermische als auch mechanische Einwirkungen durch Wind, Maschinen oder Verkehrsmittel induzierte Vibrationen.
- Abbindechwund: Entwickelt sich im chemischen Prozess der mit Wasser abgebindenen hydraulischen Stoffe wie Putz oder Beton.
- Schwinden und Quellen: Gewisse Baustoffe, wie Holz und mineralische Erzeugnisse, neigen bei wechselnden Feuchtigkeitsbedingungen zu starken Dehnungen (Quellen) oder Verkürzungen (Schwinden).
- Wärmebrücken: Da aufgrund der Fugenkonstruktionen nur Wärmedämmungen geringerer Stärke angebracht werden können, droht aufgrund der örtlichen Oberflächenabkühlung der Bauteilinnenseite, die durch Kondensation hervorgerufene Tauwasserbildung.

Die beim Neubau von Betonkonstruktionen verwendeten Profile bestehen aus PVC-Elastomer oder Tricomer oft in Kombination mit einer innenliegenden Stahlblecheinlage. Abhängig vom Abdichtungsprinzip sitzen diese entweder an der Außenseite oder in der Mitte des Bauteils. Um das Fugenband an der Bauteilmitte anzubringen muss dieses in die Schalung eingelegt werden [35].

Zusammengefasst werden Bewegungsfugen angeordnet um Zwänge und daraus resultierende Spannungsspitzen zu vermeiden. Die dadurch hervorgerufenen Bauteilbewegungen, ausgelöst durch Relativverschiebungen von angrenzenden Gebäudeteilen, plastische Schwind- oder Kriechverformungen und Temperaturänderungen, werden durch Bewegungsfugen aufgenommen. Fugenkonstruktionen werden in Richtung des Bauteils auf Druck und Zug sowie normal dazu auf Abscheren beansprucht.

Ungesicherte Betonierfugen und Arbeitsfugen oder beschädigte bzw. umgekippte Fugenbänder sind bereits bei der Herstellung entstandene Fehler, die sich erst im Laufe der Zeit oder bei Hochwasserereignissen bemerkbar machen [31].

Jegliche Art von Versagen entspricht einer ungewollten vorzeitig entstandenen Schadensstelle in der Abdichtungsfuge, wodurch diese nicht mehr in der Lage ist die vorgesehenen Aufgaben zu erfüllen. Für künftig fällige Instandsetzungsmaßnahmen sind die Ursachen des Versagens zu erheben. Folgende Gründe für die Entstehung von Schadstellen an Fugenkonstruktionen, welche nicht in den Betonkörper ragen, sind wiederzugeben [36]:

- Mängel der Optik wie beispielsweise Risse, Auskneiden oder Klebrigkeiten der Fuge
- Verfärbungen am Fugenansatz
- Substratbruch, Tragfähigkeitseinbußen und Umläufigkeiten des Betonkörpereckes
- Haftungsprobleme, da der Prime mangelhaft oder gar nicht aufgetragen wurde
- Das Hinterfüllungsprofil wird mangelhaft eingebaut oder vergessen
- Kohäsionsbrüche im Dichtstoff

Wird das Augenmerk auf den Dichtstoff selbst gelegt, kann erkannt werden, dass auch dieser infolge von verschiedensten Einflüssen geschädigt werden kann. In der folgenden Aufzählung werden mögliche Schadensbilder in Abhängigkeit von den Auswirkungen angeführt [36]:

1. Adhäsionsverlust zwischen Dichtstoff und Bauteil
2. Kohäsionsbruch im Dichtstoff
3. Kohäsives Versagen des Bauteils
4. Verschmutzung des Bauteils durch Weichmacherwanderung oder Auswaschungen aus dem Dichtstoff
5. Klebrigwerden und Schmutzaufnahme des Dichtstoffes
6. Verfärbungen

Anhand der gewichteten Reihenfolge der Auflistung zeigt sich, dass entstehende Undichtigkeiten (1-3) als stärkere Schädigungen anzusehen sind, als optischen Beeinträchtigungen (4-6).

Einige der zuvor angeführten Versagenseffekte können durch unpassende klimatische Bedingungen bei der Herstellung der Fuge entstehen. Auswirkungen auf Dauerhaftigkeit und Brauchbarkeit der Fuge haben beispielsweise sehr heiße Bauteiltemperaturen bei der Verfüzung. In diesem Fall wird nach erfolgter Bauteilausdehnung das Fugenmaterial in die temporär schmale Fuge eingebracht. Nach der Erhärtung des Dichtstoffes können zufolge des im Abkühlungsprozesses entstehenden Fugenbreitenvergrößerung Substratablösungen bzw. kohäsive Risse entstehen. Weiters können auch bei Temperaturdehnungen und -schrumpfungen der Bauteile, während des Aushärtungsprozesses, Schäden entstehen. Die Hautbildezeit und Aushärtedauer werden maßgeblich vom Fugenmaterial selbst und den klimatischen Bedingungen beeinflusst. Bei tiefen Temperaturen oder Trockenheit verzögern sich diese Zeiten, was sich wiederum negativ auf die Dauerhaftigkeit und Funktionalität auswirken kann. Um zuverlässige dauerhafte Fugenkonstruktionen herstellen zu können, müssen die Einbautemperaturgrenzen des Herstellers eingehalten werden.



Selbst bei Beanspruchungen, die sich im Rahmen der rechnerischen Verformungsdifferenzen befinden, kann es infolge der mechanischen Alterung zu Veränderungen an der Materialsubstanz kommen. Vor allem spröde, wenig dehnungsfähige Fugenstoffe erzeugen bei Temperaturexpansion starken Druck auf die Fugenflanken, was in nächster Konsequenz zu adhäsiven Fugenversagen und Abplatzungen führen kann.

Für Versprödung ebenfalls nicht zu vernachlässigen sind ungeschützte Fugenkonstruktionen, welche den UV-Strahlen direkt ausgesetzt sind. Bei Bauteilfugen im Kellerbereich ist dies jedoch nicht der Fall [36].

Ebenso wie bei den zuvor genannten Ursachen für Rissentwicklungen können witterungs-, untergrund- und nutzungsbedingte Zwangsbeanspruchungen bzw. die oben angeführten Gründe für Bauteilbewegungen in extremer Form, Einflüsse auf die Funktionsfähigkeit von Fugenkonstruktionen haben. Weitere Schadensursachen stellen zeit- und lastfallabhängige Abnutzungserscheinungen und Versprödungen der Dichtelemente, vor allem bei Materialien der Vergangenheit, dar [6],[35].

Auf Sanierungsverfahren zu den hier angeführten Mängeln wird im Kapitel 5.1 näher eingegangen.

## 3.2. Sockelbereich - Lichtschachtanschluss

Zu den Themen Sockelbereiche und Lichtschachtanschlüsse wurde zusätzlich zur Literaturarbeit ein Interview mit Baumeister A. Wolf, welcher sich schon seit 30 Jahren mit dem Einfamilienhausbau beschäftigt, durchgeführt. Praktische Ausführungsdetails im Sockelbereich mit ergänzenden Informationen werden in den folgenden Kapiteln wiedergegeben.

### 3.2.1. Sockelbereich bei Bestandsgebäuden

In Abbildung 3.1 a) bis d) auf Seite 33 werden praktische Ausführungsdetails von Gebäudesockelbereichen dargestellt. Im Gegensatz zu vielen, in der Literatur befindlichen, Details zeigen diese Schemenskizzen reale Aufbauten von Tragelementen, der Dämmung und der Abdichtungsebene. Bei Schadensfällen und eventuellen präventiven Sanierungen werden abhängig vom Errichtungsjahr, derartige Aufbauten vorzufinden sein. In den Darstellungen werden Angaben zur Stärke der jeweiligen Bauteile und die höhenmäßige Ausrichtung des Fußbodenniveaus zum Außengelände angegeben.

Die in Abbildung 3.1 a) dargestellte Schemenskizze stellt einen Aufbau aus dem Jahr 1985 dar. Meist wird bei der Wahl der Tragkonstruktion der Kelleraußenwand auf die Schalsteinwand zurückgegriffen, da die einfache Handhabung der Formsteine das schalungslose Errichten einer Betonwand ermöglicht. Die Schalsteinwand ist eine der billigsten und einfachsten Formen einer Kelleraußenwand, da ein Großteil der Arbeitszeit von privaten Personen ohne Mithilfe von Fachpersonal einer Baufirma verrichtet werden kann. Ganz unabhängig von der Tragschale der Kelleraußenwandkonstruktion wird der Abdichtung, als auch der Wärmedämmung von Kellern, hierbei sehr wenig Beachtung geschenkt. Der Regelfall der Abdichtungs Ausführung ist der Auftrag einer dünnen Voranstrichsschicht direkt auf den Schalstein. Da die Schalsteinschichtung aufgrund der Maßtoleranz bis zu Millimeter große Abstände in der Stoß- und Senkfuge aufweist, ist diese mittels eines Voranstriches nur sehr schwer bzw. unmöglich abzudichten. Als Schutz

dieser mangelhaften Ausführung einer Kellerwandabdichtung gilt eine Noppenmatte, die die schützende Abgrenzung zum Erdreich bildet. Zudem, dass der Abdichtung des Kellers keine Wichtigkeit zugeschrieben wird, bekommt auch die Höhe des Geländes neben dem Gebäude keine Beachtung. Häufig befindet sich die Oberkante des Außengeländes auf Höhe der Kellerdeckenebene oder sogar darüber. Trotz dieser Hochlage des Geländes zum Gebäude wird die Abdichtung oft nicht bis auf dieses Niveau hochgezogen. Die einzige Schichte, die sich dem vermeintlich angreifendem Oberflächenwasser der ungeschützten Ziegelmauer entgegenstellt ist dann der Sockelputz. Dieser ist jedoch weder als Abdichtungsebene anzusehen, noch lange genug wasserabweisend.

Abbildung 3.1 b) stellt einen typischen Aufbau aus dem Jahr 1990 dar. Schalsteinwände oder geschalte Stahlbetonwände werden als Tragelement für die Kellerwand verwendet. Dünne Wärmedämmungsschichten werden im Bereich der Frosttiefe auf die Kelleraußenwand geklebt. Die Wandabdichtung besteht aus 2 Schichten Voranstrich und eventuell aus einer geflämmten 1-Komponenten-Abdichtungsbahn. Dämmung als auch Abdichtung werden bis auf die Kellerdeckenoberkante hochgezogen. Wie in Abbildung 3.1 a) wird Anfang der 90er Jahre kaum auf die Ausrichtung der äußeren Anschlussgeländehöhe zur Kellerdeckenhöhe geachtet.

Etwa ab dem Jahr 1995, mit der Entwicklung und Anwendung des Energieausweises, ändert sich die Wärmedämmungsausführungen und damit auch die Gebäudeabdichtung von Hochbauten gravierend. Wie in Abbildung 3.1 c) ersichtlich, wird nun die Dämmschicht bis auf die Fundamenttiefe geführt. Um eine bessere Abdichtung im Sockelbereich zu gewährleisten, wird die Abdichtung samt Dämmung eine Schar im Erdgeschoßmauerwerk hochgezogen. Erstmals wird die Höhenlage des Außengeländes an jener der ausgeführten Bauteilabdichtung angepasst um ein gewisses Sicherheitsmaß eingehalten. Um den Keller ausreichend abzudichten wird ein Voranstrich mit einer 2-lagigen EKV4-Abflämmung aufgebracht. Diese Art von Abdichtung ist ab diesem Zeitpunkt Stand der Technik.

Die in Abbildung 3.1 d) dargestellte Schemenskizze stellt ein aktuelles Sockeldetail dar. Aufgrund des hohen Fußbodenaufbaus und der barrierefreien Eingangs- und Terrassentüren im Erdgeschoß, muss die Einrichtung der Höhenlage des Anschlussgeländes an das Gebäude sehr genau ausgeführt werden. Es soll ein Sicherheitsmaß von 20 bis 30 cm, gemessen von der Außengeländeoberkante bis zur Oberkante der Abdichtungsausführung, eingehalten werden.

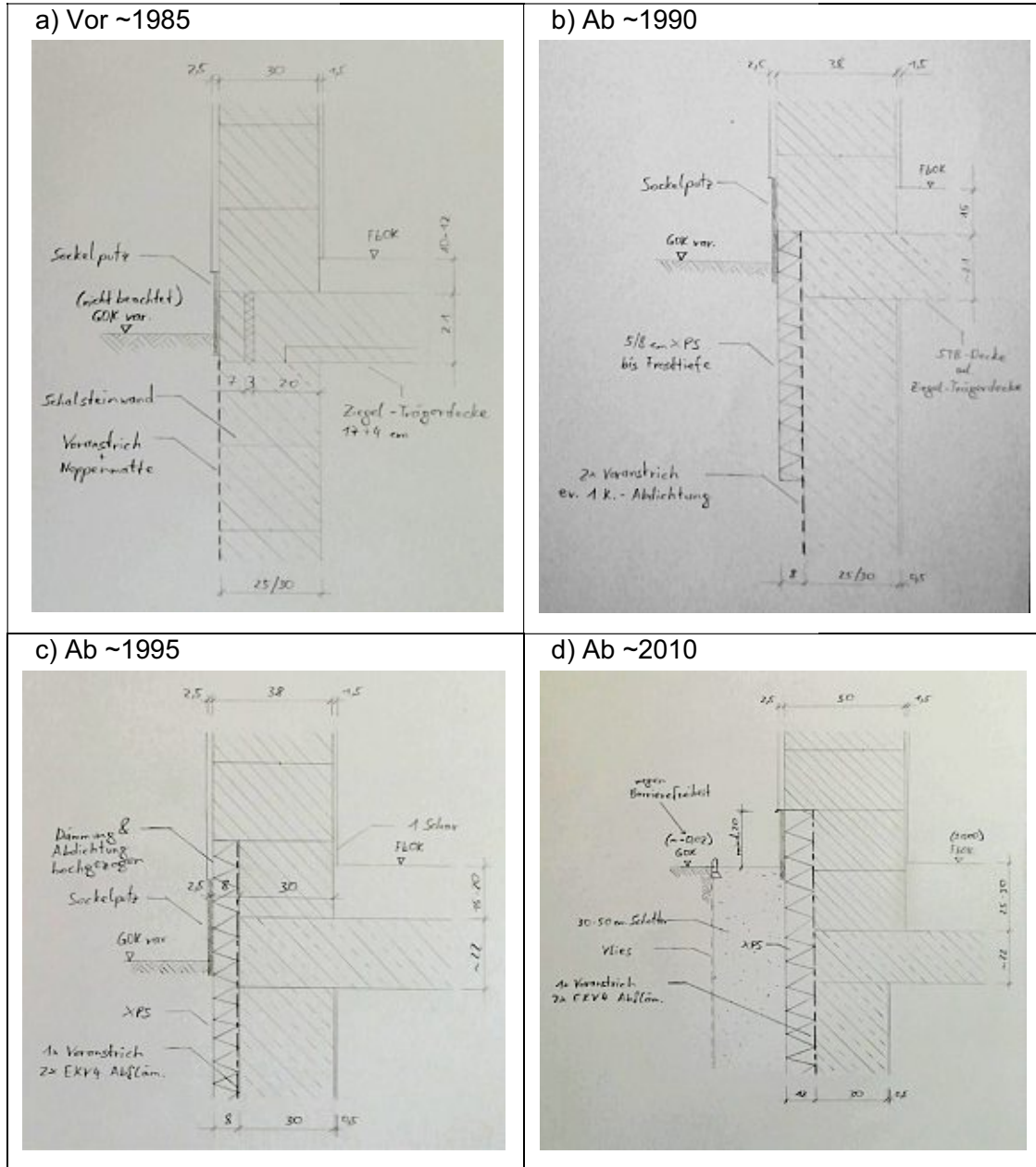
In Abbildung 3.2 a) bis d) auf Seite 35 werden weitere Schemenskizzen für Sockelausführungen dargestellt. Abbildung 3.2 a) zeigt ein altes Sockeldetail mit Kellerwänden aus Normalformatziegel. Diese Kellerausbildung ist vor allem bei größeren Wohngebäuden der Gründerzeithäuser aufzufinden. Diese Ausführungsvariante mit Ziegelkellerwänden muss sich der selben Problemstellung beim Auftragen des Voranstrichs stellen, wie die in Abbildung 3.1 a) dargestellte Tragkonstruktion aus Schalsteinen. Aufgrund der Unebenheiten der Normalformatziegel mit den Mörtelfugen entstehen Mängel in der Voranstrichsschichte und somit bei der Dichtigkeit des ohnehin schlecht abgedichteten Bauteils.

Die in Abbildung 3.2 b) und c) dargestellten Ausführungsdetails gehören zu jenen der 90er Jahre. In diesen Schemenskizzen kann man eine Schotterauffüllung der Baugrube neben der Dämmschicht erkennen. Der Drainageschotter begünstigt die vertikale Ableitung des anfallenden Wassers in die Drainage und somit das Ableiten vom Bauwerk.

Die Ausführungsvariante in Abbildung 3.2 d) nützt für die vertikale Ableitung von



Abbildung 3.1.: Sockeldetails in praktischer Ausführung 1 [2]



anfallendem Regen- und Oberflächenwasser geschlichtete Betonformsteine, die als Vertikaldrainage funktionieren. Mittels Vlies wird eine Trennung dieser zum angrenzenden Erdreich sichergestellt. Beim Anschluss eines Traufpflasters übernehmen diese Formsteine die Stabilisierung und vermeiden Risse in der Anschlussfuge. Zusätzlich wird weniger Schotter verwendet, da - bis auf einen kleinen Schotterkoffer um das Drainagerohr - der gesamte Arbeitsraum wieder mit Erde hinterfüllt werden kann [2].

### 3.2.2. Lichtschachtanschlüsse bei Bestandsgebäuden

Zu den in Abbildung 3.1 und Abbildung 3.2 dargestellten Sockeldetails, stellt Abbildung 3.3 auf Seite 36 die dazu passenden Schemenskizzen zu Lichtschachtanschlüssen dar.

Grundsätzlich ist zwischen Lichtschächten aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) und Lichtschächten aus Schalsteinen bzw. aus Beton zu unterscheiden [2]. Bis heute gibt es mehrere Ausführungsvarianten von Lichtschachtkonstruktionen. Auswahlkriterien sind neben der Ausleuchtung mit Tageslicht und der Möglichkeit der Belüftung des Keller- raumes auch die zusätzlich vorliegenden Parameter der unmittelbaren Umgebung wie Druckwasser, Oberflächenwasser und Erddruck [37].

Die Ausführungsvariante aus Kunststoff ist am stärksten verbreitet, da der Lichtschacht einbaufertig als Fertigteil auf die Baustelle geliefert wird. Durch einfache und schnelle Montage mittels Beton- oder Mauerwerkdübel und dazugehörigen Gewindeankerstäben wird Einbaufehlern vorgebeugt. Lichtschachtanbieter für GFK-Lichtschächte haben schon seit Jahren große Paletten an Auswahlmöglichkeiten für beinahe alle Einwirkungsfälle. Des weiteren sind einige Modelle höhenverstellbar bzw. mit einem Aufsatz erweiterbar [37]. In Abbildung 3.3 a) bis c) werden verschiedenen Anschlüsse von GFK-Lichtschächten an die Kelleraußenwand dargestellt. Die größten Unterschiede in den Abbildungen sind die Stärke der Dämmung und die Ausführung der Abdichtung. Während um das Jahr 1985, wie in Abbildung 3.3 a) ersichtlich, noch keine Dämmung verwendet wurde und als Abdichtung nur ein Voranstrich der Regelfall war, kann man in Abbildung 3.3 b) eine technologische Verbesserung sehen. Hier wird erstmals eine dünne Wärmedämmung angebracht. Die Abdichtung ist in Form eines 2-lagigem Voranstrichs und Drainageschotters, für das Ableiten des anfallenden Wassers, ausgeführt. Die Änderungen von 1990 zu den in Abbildung 3.3 c) skizzierten Anschlussdetails liegen, bis auf die Stärke der Dämmungsschicht und der Abdichtung, bestehend aus einer Voranstrichschicht und einer 2-lagigen geflämmten EKV4-Abdichtungsbahn, eher im Detail [2].

Die Schalsteinmauer als Lichtschachtausführung wird heute so nicht mehr verwendet. In Abbildung 3.3 d) wird diese einfache Errichtungsmöglichkeit eines Lichtschachtes dargestellt. Diese wurden in den verschiedensten Bauarten mit oder ohne Fundament, Abdichtung des Lichtschachtes, Drainageschotter, Anschluss zur Außenwand, etc. errichtet [2]. Gründe einen Lichtschacht aus Beton auszuführen, sind starker Erddruck, hoher Wasserdruck oder auf Wunsch des Bauherren. Es besteht die Möglichkeit diese aus Ort- beton, als auch in Form eines Fertigteils auszuführen [38].

Sanierungsmöglichkeiten zu sämtlichen im Kapitel 3.2 dargestellten Sockelbereichen und Lichtschachtanschlüssen sind im Kapitel 5.2 angeführt und erklärt. Umfassendere Beschreibungen zu den möglichen Instandsetzungsvarianten an Kellerschächten folgen im Kapitel 5.2.2.

Abbildung 3.2.: Sockeldetails in praktischer Ausführung 2 [2],[3]

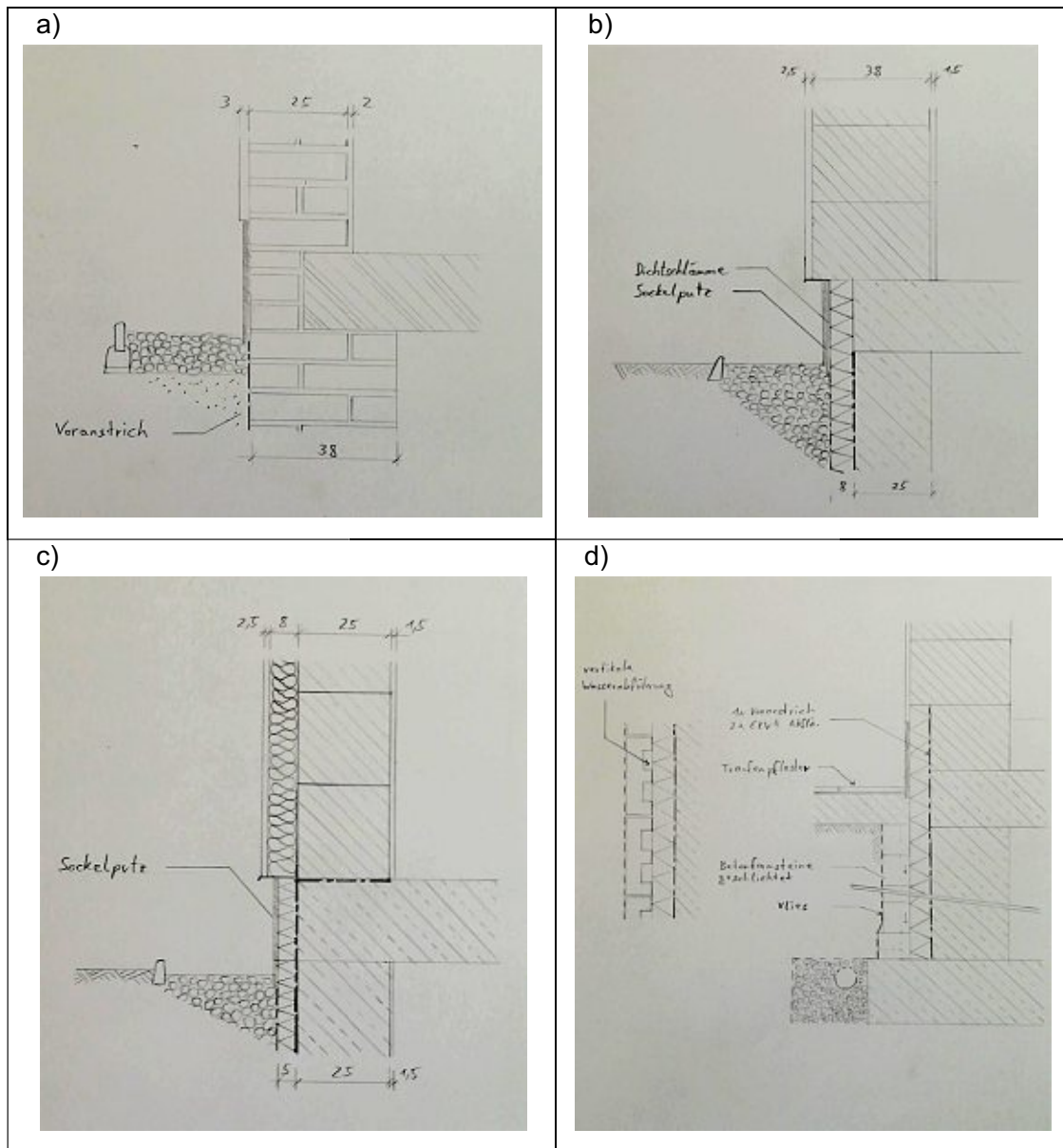


Abbildung 3.3.: Lichtschachtdetails in praktischer Ausführung [2]

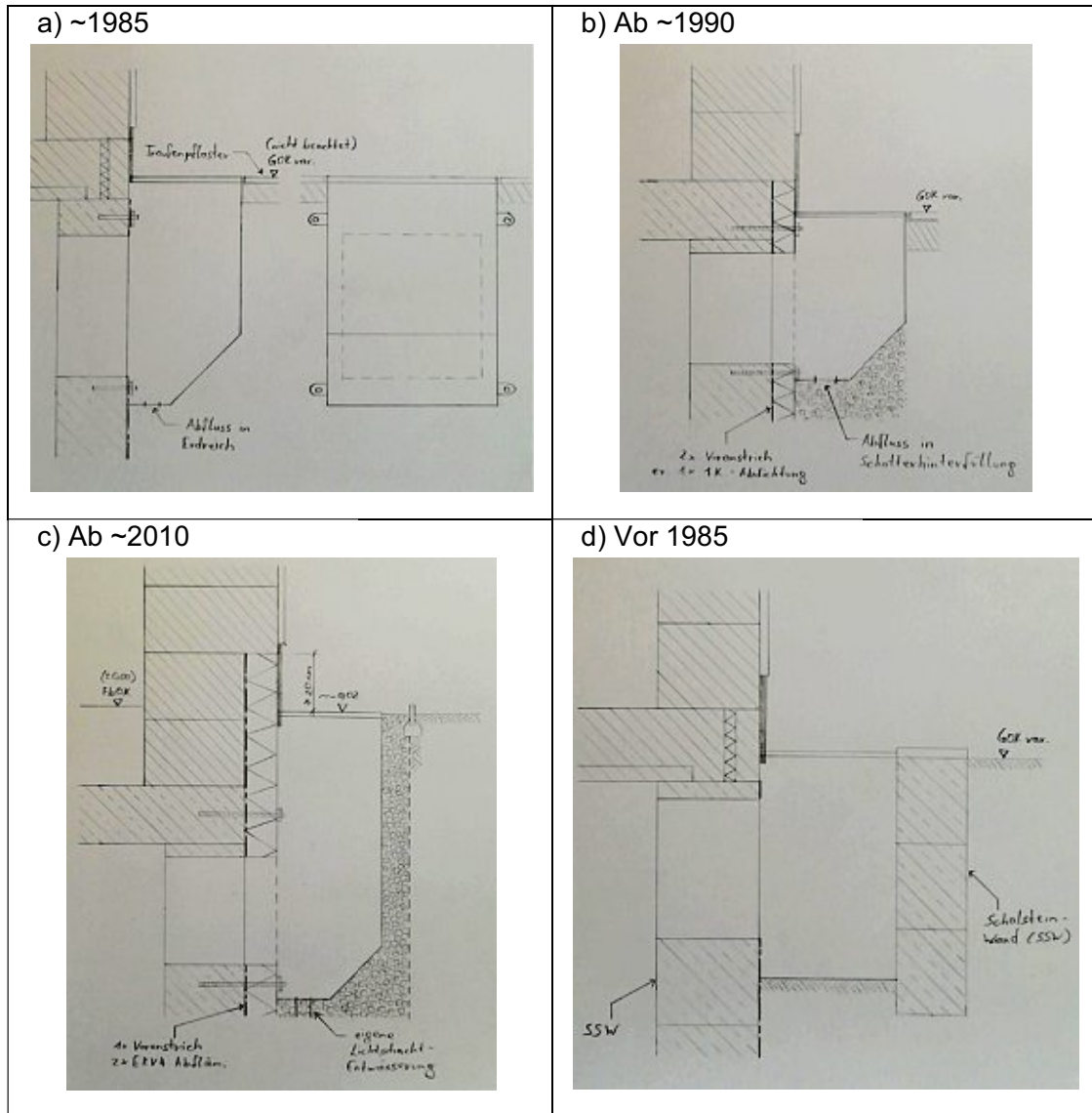
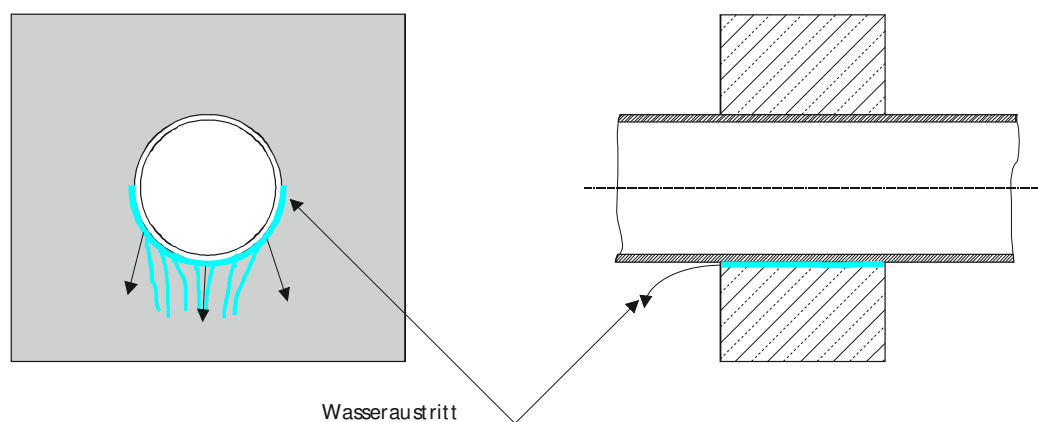


Abbildung 3.4.: Rohrdurchführungsleck Schemenskizze [4]



### 3.3. Rohrdurchführungen und Durchbrüche

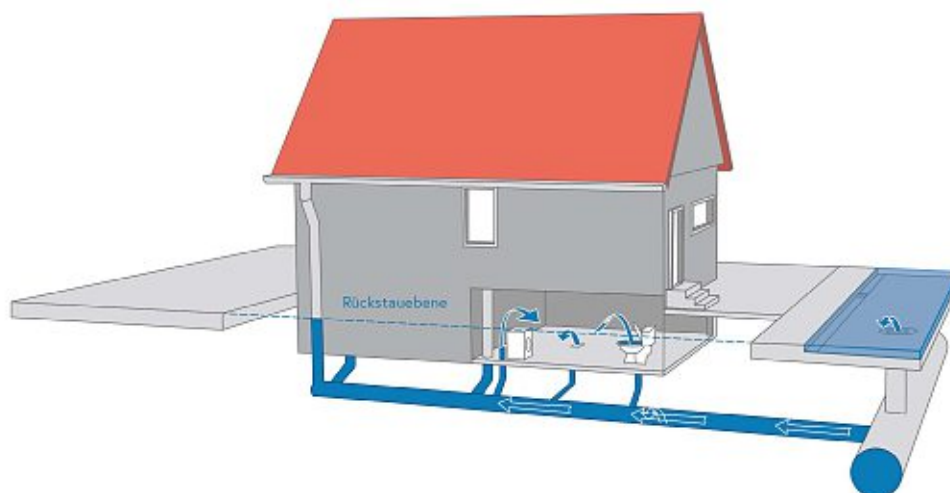
Versorgungs- und Entsorgungsleitungen eines Hauses wie beispielsweise elektrischer Strom, Gas, Wasser, Abwasser, Telefon, etc... werden unterirdisch mittels Rohrdurchführungen bzw. Durchbrüchen durch die abgedichtete Kellerwand geführt. Mögliche materialspezifische Ursachen für Fehlstellen an Rohrdurchführungen sind meist zeitabhängig, sprich mit fortschreitendem Alter schadensanfälliger. Veraltete Abdichtungssysteme entwickeln aufgrund der möglichen Versprödung der Dichtlippen punktuell undichte Stellen. Infolge des Wassereintrittes setzt sich die Ausbreitung des Risses zwischen verprödeten Rohrdurchführungslippe und dem Betonkörper fort. Eine weitere Ursache für Leckagen in der Durchführungsstruktur stellt die Setzung des unmittelbar angrenzenden Erdreichs dar. Neben den dadurch hervorgerufenen Bauteilbewegungen und Rissbildungen können spröde starre Rohre, in Abhängigkeit vom Material, infolge der Kraftwirkung mittels Spitzendruck brechen sowie Öffnungen freigelegt werden. Weitere Schadensursachen entstehen, wie bei anderen baulichen Ausführung auch, aufgrund von anthropogenen Fehlern. Wird eine Rohrdurchführung nicht sorgfältig mit der richtigen Systemtechnik ausgeführt, kann es zu aufwendigen kostspieligen Folgeschäden und Sanierungsarbeiten kommen [33].

In Abbildungen 3.4 ist ein Schnitt einer Rohrdurchführung als Schemenskizze dargestellt. Hier ist eine typische Leckage einer gealterten bzw. undichten Durchdringungskonstruktion zu erkennen [4]. Das Indiz für Undichtheiten in der Abdichtungsebene ist eine feuchte Stelle am Innenputz, rund um die Durchführung. Nasser Putz kann anhand der dunklen Verfärbung von Feuchtstellen gut erkannt werden [33].

### 3.4. Kanalrückstau bei Abwasserleitungen

Wie bereits im Kapitel 1.2.2: Oberflächenabfluss - Starkregen ausführlich erklärt, wird bei Starkregenereignissen und dem daraus folgenden Oberflächenabfluss in vielen Fällen auch die Kapazität von Regenentwässerungs- bzw. Abwasserentsorgungssystemen überschritten [39]. Diese sind oft nur auf ein bis 10-jährliche Hochwasserereignisse dimen-

Abbildung 3.5.: Kanalarückstau [5]



sioniert [17]. Vor allem stark verbaute, den pluvialen Abfluss betreffende bautechnisch unbehandelte Siedlungsgebiete gelten als besonders gefährdet [39]. Das als Mischwasser bezeichnete Regenwasser und damit vermischtes Abwasser, welches aufgrund der anfallenden Menge nicht schnell genug abfließen kann, staut sich bis auf die Rückstaupegel auf [5].

Die Rückstaupegel und einige mögliche Anschlussstellen werden in Abbildung 3.5 dargestellt. Die Evaluierung der Höhe der Rückstaupegel in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten ist in Kapitel 5.4 zu finden. Sämtliche sich unter der Rückstaupegel befindlichen Regenwasser- und Schmutzwasseranschlüsse müssen baulich geschützt werden [40]. Seien es undichte Abwasserleitungen oder auch intakte Abflussrohre ohne jeglicher Schutzeinrichtung, fließt dieses Mischwasser "rückwärts" von der Kanalisation durch Anschlussstellen sowie Leckstellen zurück in den Keller. Die Anschlussstellen des häuslichen Abwassernetzes werden regelrecht in Austrittsstellen für Mischwasser verwandelt [39]. Pluviales Hochwasser und Abwasseraustritt sind im Bezug auf deren Auswirkungen und Ursachen beinahe ident. In beiden Fällen können Folgeschäden an Mensch oder Sachwert entstehen, welche im Kapitel 4 angeführt sind [5]. Die in einem Keller notwendigen Schadenssanierungen nach einer Kellerflutung in Kombination mit dem möglichen Rückstau aus der Kanalisation, werden im Kostenvergleichsbeispiel in Kapitel 7 aufgelistet und finanziell evaluiert. Auf technische Sanierungsmöglichkeiten der Abwasserleitungen, um die Thematik der Rückstauprobleme schon im Vorhinein zu verhindern, wird im Kapitel 5.4 eingegangen.

Die Vulnerabilität der Gebäude sowie der Siedlungen in Gefahrengebieten ist stark vom Verhalten, dem Hintergrundwissen und der Eigenverantwortung der Eigentümer abhängig [39].



## 3.5. Kellerfenster und Kellertüren

Die Spezialisten und Herausgeber von Richtlinien für wasserbeständige und wasserdichte Bauteile sind die deutschen Prüfcentren ift Rosenheim und Pfb Rosenheim. In folgenden Absätzen werden Belastungsarten, Eintrittspunkte, sowie Schadensbilder und -ursachen vom Erstgenannten wiedergegeben. Zusätzlich werden Informationen aus einem Interview mit Herrn Nerz, einem Mitarbeiter des Pfb Rosenheim, ergänzt.

### 3.5.1. Belastungsarten

Zufolge von Hochwasserfluten entstehen verschiedenste Belastungsarten. Bei langsam steigenden Wasserpegelständen, was einer mechanischen Belastungsform in Form von Wasserdruck entspricht, besteht wenig Gefahr, dass Schäden am Fenster auftreten. Dazu zählen jedoch nur gleichmäßige und beidseitige Anstiege des Wasserspiegels, was bei Kellern nicht den Normalfall darstellt. Größere Gefahren bergen sprunghaft ansteigende Wasserströmungen, die weitaus extremere mechanische Lastfälle hervorrufen. Vor allem Treibgut entwickelt durch den Wasserstrom genügend Energie, um Schäden an Glas- und Rahmenelementen von Fenstern oder Türen hervorzurufen.

Über die mechanischen Belastungen hinaus, sind noch die chemischen zu beachten. Bei Chemikalien, wie Heizölen und Stoffen aus betrieblichen Einrichtungen oder Garagen, besteht die Möglichkeit, dass daraus entstehende Mischsubstanzen schädigend auf Fenstermaterialien wirken. Durch den Wasserabfluss transportierter Schmutz, in Form von Feinanteilen und natürlichen Materialien, führen hingegen weniger zu chemischen Reaktionen. Es besteht vielmehr die Gefahr von Verklausungen an wasserabführenden Elementen. Funktionstüchtige Einrichtungen werden im Zuge der Verstopfung unwirksam oder sogar unbrauchbar.

Selbst nach einem Überflutungsereignis entstehen, zufolge der Restwassermengen und mitgeschwemmten Verunreinigungen, Belastungen an sämtlichen Hohlräumen von konstruktiven Bauteilen, Fassadenelementen, als auch Fensterprofilen. Die Trocknung dieser oft unbelüfteten Umgebungen kann mehrere Monate dauern. Hinterbliebene organische Stoffe neigen unter Anwesenheit von Wasser zur Fäulnis oder Pilzbildung. Chemikalien hingegen werden teilweise im Umgebungsraum gespeichert. Von diesen ungewollt mitgeführten Substanzen werden geruchsbelästigende und gesundheitsschädigende Emissionen an die Umgebung abgeben [41].

### 3.5.2. Schadensbilder und -ursachen

Fenster und Türen, welche infolge der Einwirkung von Wasser beschädigt werden können, bestehen aus folgenden Komponenten:

- Rahmen
- Isolierglas
- Beschlüge
- Dichtungen
- Baukörperanschluss

Bei Mehrscheiben-Isolierglas besteht unter direkt einwirkendem Wasserdruck die Gefahr, dass abhängig von Parametern, wie Scheibendicke, Kantenqualität und Vorspannung, die Glasscheibe bricht. Weiters kann bei abrupter Belastung die Außenscheibe nach innen verformt werden und Wasser, zufolge der temporären Schwächung des Randverbundes, in den Scheibenzwischenraum eindringen. Schäden zufolge dieser Wasserlagerung können oft erst nach Jahren eintreten, auch wenn Mängel manchmal schon früher optisch erkennbar sind.

Der Fensterrahmen besteht bei Kellerfenstern aus Kunststoff und in seltenen Fällen aus Metall. Hohlräume, wie Profilkammern und Glasfälze dieser feuchtigkeitsunempfindlichen Materialien werden jedoch zur möglichen Entweichung von Tauwasser nach außen hin offen hergestellt. Konventionelle Dichtprofile aus Kunststoffen oder Silikonen sind nicht in der Lage Wasser zurückzuhalten. Ausschließlich Dichtstoff fugen, die richtig dimensioniert, vollständig verklebt oder verschweißt werden, können dem Wasserdruck standhalten. Befestigungs- und Verstärkungselemente, welche direkt am bzw. durch den Rahmen angeschlossen werden, sind als potentielle Wassereintrittsstellen anzusehen.

Ebenso wie bei Fensterrahmen, bestehen Beschläge aus einigen Fugen, die durch Verschmutzung Einschränkungen erfahren. Besonders das Abschwämmen der, auf metallischen Bestandteilen befindlichen, Schmiermittel fördert Korrosion. Da Beschläge einen entscheidenden Anteil zur Belastbarkeit von Fenstern und Türen beitragen, sind diese bei Wartungen und Sanierungen besonders gründlich zu begutachten und behandeln.

Baukörperanschlüsse, vor allem Fugenkonstruktionen und Anschlussbereiche, bieten Eintrittspunkte, sowie Ansammlungsraum, für Wasser [41].

Herr Nerz beschreibt die Dichtung der Fensterunterkante als das wassereintrittsgefährdetste Element eines Fensters. Die unten quer sitzende Öffnungsfuge wird vom höchsten Wasserdruck belastet. Zuzufolge großer Belastung wird die Dichtung weggedrückt, wodurch das Fenster undicht wird.

Ein weiterer Mangel stellt die fehlende Befestigung, mit Fensterschrauben am tragenden Element, dar. Vor allem bei Montagen der Vergangenheit, aber auch heute noch, werden Kellerfenster nur mit Montageschaum befestigt. Da der Schaum von Hand eingebracht wird, sind Fehler oft nicht vermeidbar. Schwachstellen, die unmittelbar nach dem Einbringen nicht auffallen, können erst durch Abnutzungsprozesse zu Problemstellen werden. Die im Schaumverbund zuerst lokale Leckage breitet sich mit fortschreitender Zeit und wiederholtem Lastwechsel weiter aus, was eine Lockerung des Schaumverbundes und eine weitere Wassereintrittsstelle zur Folge haben kann. Grundsätzlich ist bei Schäumen, die für lastabtragende Zwecke verwendet werden, darauf zu achten, dass diese keine zu großen Drücke während des Schaumhärtungsprozesses entwickeln. Zu hohe Schaumabbindedrucke können zu Verformungen am Fensterrahmen führen, was in weiterer Folge zu Gebrauchseinschränkungen führen kann. Laut Nerz, können Montageschäume oder Brunnenschäume, welche zur Lastabtragung eingesetzt werden, die mechanische Befestigung des Fensters am Wandbildner daher im Normalfall nicht ersetzen [42].

Als möglichen Problemstellen von Kunststoff- und Aluminiumfenstern sind folgende Punkte anzusehen [41]:

- Scheibenzwischenraum und Randverbund von Mehrscheiben-Isolierglas
- Für Wasser zugängige Profilhohlräume wie Dichtprofile, der Glasfalz oder Entwässerungsöffnungen



- Für Wasser unzugängliche Profilhohlräume wie Vor- und Hauptkammer, sowie Flügel- und Blendrahmen
- Beschlagteile für Verriegelungen, Bänder und Zusatzbauteile
- Hohlräume zwischen Wand und Profil (Fensterbank- und Laibungsbefestigung, -dämmung und -abdichtung)

Typische Schäden an den im Fensterbereich verwendeten Materialien sind [41]:

- Durchfeuchtung von Dämmstoffen, Fassadenelementen und Hohlräumen
- Einschwemmung von Schmutz und Chemikalien in Hohlräume
- Korrosion der Befestigungsmittel
- Beschädigungen an Abdichtungen und Fensterbestandteile durch Treibgut
- Geruchsentwicklung und Schadstoffeintragung in Wänden

In den Kapiteln 5.5 und 5.6 werden mögliche Sanierungsmaßnahmen, Vorgaben für Fenster- und Türenanschlüsse sowie Fugendichtstoffe und Produktvoraussetzungen beschrieben.

### 3.6. Garagentore

Garagentore sind im Normalfall nicht als abdichtendes Element anzusehen bzw. als solches ausgeführt. Sollten Oberflächenabflüsse zum Tor gelangen, ist ein Eindringen meist nicht zu verhindern. Wassereintrittspunkte sind die Dichtlippe am unteren Ende des Tores, sowie das, sich seitlich befindliche, Schienensystem, welches beim Standardtor wasserdurchlässig ausgeführt ist [42].

Mögliche präventive Maßnahmen, die am Gelände der Garageneinfahrt durchgeführt werden können, sind im Kapitel 5.7.1 erklärt. Ein hochwasserbeständiges Produkt, welches gewisse Wasserdrücke direkt auf das Garagentor standhält, wird im Kapitel 5.6.2 angeführt.

## 4. Schäden infolge von Oberflächenwasser

### 4.1. EDAC-Schadensskala für Hochwasser

EDAC ist das Zentrum für die Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden der Bauhaus - Universität Weimar (Deutschland), welches in Feldstudien in den Jahren 2002 bis 2015 die Folgeschäden verschiedenster Naturkatastrophen analysiert und auswertet. Die Gebäudeschäden des Hochwassers im August 2002 in Sachsen (Deutschland) und in weiterer Folge die Tsunami-Schäden des Maule-Erdbebens 2010 in Chile, bilden die Grundlage für das 6-stufige Klassifizierungssystem des EDAC-Hochwasser- und Tsunami-Schadensmodells. Ziel und Grundkonzept dieser Untersuchungen ist es eine neue Schadensskala zu entwickeln, welche unabhängig von der Naturkatastrophe anwendbar ist. In Anlehnung an die Europäische Makroseismikkala 1998 (EMS-98) wird zwischen strukturellen und nicht strukturellen Schäden unterschieden. Auch die Einteilung in Schadensgrade ( $D_i$ ) wird übernommen. Abhängig von der einwirkenden Naturkatastrophe beinhaltet das EDAC-Schadensmodell Tabellen mit Klassifizierungskriterien und schadensbeschreibenden Fotos [10].

Tabelle 4.1 definiert und beschreibt die Schadensgrade des EDAC - Hochwasser- und Tsunami-Schadensmodells.

Verglichen mit den bei Hochwässern und Tsunamis entstehenden Schäden, können jene, die durch Oberflächenabfluss entstanden sind, den Schadensgraden D1 bzw. D2 zugeordnet werden. Alle in Tabelle 4.1 angeführten Schäden sind typisch für pluviale Hochwässer.

In Tabelle 4.2 werden die verschiedenen Klassifizierungskriterien der beobachteten Schadensbilder infolge Hochwasser- und Tsunamieinwirkung angeführt. Diese Schadensbilder werden in bauphysikalische, chemische und mechanische Schäden unterteilt und den jeweiligen Schadensgraden bzw. der möglichen Maßnahmenart zugeteilt. In Farbe hervorgehoben werden jene Beobachtungen und Maßnahmen, welche als charakteristische für den jeweiligen Schadensgrad (D1-D6) gelten [10].

In absoluten Ausnahmefällen, vor allem bei lang andauernden Wassereinwirkungen und wasserstauenden Bodenverhältnissen, können auch Schäden vom Schadensgrad D3 bis D5 auftreten. Diese äußern sich in weiterer Folge vor allem durch Tragfähigkeitsprobleme und gefährden die Standsicherheit von Teilen des Gebäudes bzw. der Gesamttragstruktur. Eine mögliche Versagensform bei Gebäuden ist der Auftrieb. Sind die Auftriebskräfte infolge des angestauten Wassers größer als die Gesamtgebäudelasten, so kommt es zum Aufschwimmen, im schlimmsten Fall sogar zum Kippen. Vor allem bei unterkellerten Gebäuden mit nur einem oberirdischen Geschoß oder jenen aus Leichtbau, besteht die Gefahr dieser Versagensform. Infolge von Auftriebskräften können ebenfalls Teilversagen der Bodenplatte, des Unterlagebetons oder der Kelleraußenwand hervorgerufen werden.

Tabelle 4.1.: Definition der Schadensgrade [10]

Schadensgrad	Schaden		Beschreibung
	strukturell	nicht strukturell	
D1	kein	leicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>reiner Durchfeuchtungsschaden</li> <li>Verschmutzungen</li> </ul>
D2	leicht	moderat	<ul style="list-style-type: none"> <li>leichte Risse in tragenden Wänden</li> <li>eingedrückte Türen und Fenster</li> <li>Unterspülung von Fundamenten</li> <li>Kontaminationen</li> <li>Austausch von Ausbauteilen erforderlich</li> </ul>
D3	moderat	schwer	<ul style="list-style-type: none"> <li>größere Risse/Verformungen in tragenden Wänden und Decken</li> <li>Setzungen</li> <li>Einsturz nicht tragender Wände</li> </ul>
D4	schwer	sehr schwer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einsturz von tragenden Wänden, Decken</li> <li>Austausch von tragenden Bauteilen erforderlich</li> </ul>
D5	sehr schwer	sehr schwer	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kollaps bzw. Einsturz von größerem Gebäudeteilen</li> <li>Abriss erforderlich</li> </ul>
D6	total	total	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dislokation: Bauwerk vollständig weggeschwemmt, umgestürzt oder vom Fundament verschoben</li> </ul>

Tabelle 4.2.: Beobachtete Schadensbilder und Klassifikationskriterien [10]

Kriterium	Beobachtung/Maßnahme	Schadensgrad					
		D1	D2	D3	D4	D5	D6
Bauphysikalischer Schaden	Durchfeuchtung tragender und nicht tragender Wände und der Geschosdecken	o	x	x	x	x	x
Chemischer Schaden	Verschmutzungen (Schlamm, Ablagerungen)	x	x	x	x	x	x
	Kontaminationen (Öl, Chemikalien)		x	x	x	x	x
Mechanischer Schaden	Eingedrückte Türen und Fenster		x	x	x	x	x
	Leichte Risse in tragenden Wänden		x	x	x	x	x
	Unterspülte Fundamente		x	x	x	x	x
	Größere Risse und/oder Verformungen in tragenden Wänden und Decken			o	x	x	x
	Setzungen			x	x	x	x
	Einsturz von nicht tragenden Wänden			x	x	x	x
	Einsturz von Bauteilen (tragende Wände, Decken)				o	x	x
	Kollaps oder Einsturz von größeren Gebäudeteilen					o	x
	Bauwerk vollständig weggeschwemmt, umgestürzt oder vom Fundament verschoben						o
Maßnahmen	Austausch von Ausbauteilen	o	x	x		(x)	–
	Austausch von nicht tragenden Bauteilen			x	x	(x)	–
	Austausch von tragenden Bauteilen				x	(x)	–
	Abriss erforderlich					x	x

x beobachtete Schädigung kann bei entsprechendem Schadensgrad auftreten  
 o charakteristisches Merkmal für den entsprechenden Schadensgrad  
 (x) Maßnahme nur bei Rekonstruktion des Originalgebäudes möglich  
 – Maßnahme nicht mehr am Originalgebäude durchführbar

Es kommt in diesem Fall zum Heben des Kellerfußbodens bzw. zum Knicken der tragenden Kelleraußenwand. Gründe dafür sind meist dünne Bauteilstärken oder ein zu geringer Bewehrungsgrad, um die entstandenen Biegebeanspruchung, resultierend aus der Druckkraft, aufnehmen zu können. Gegebenenfalls sind, zusätzlich zum angreifenden Wasserdruck, der Strömungsdruck des Grundwassers und der Erddruck verstärkende Faktoren [20].

## 5. Präventive Sanierungsmöglichkeiten bei Bestandsgebäuden

Grundsätzlich sind Abdichtungen als eine Art Barriere, für schädigende Einflüsse wie Wasser von außen, anzusehen, welche den Zweck der vorgesehenen Nutzung des zu schützenden Objekts gewährleisten soll. Fehlstellen bei der Abdichtung entstehen nicht nur bei mangelnder Ausführung seitens der Facharbeiter, sondern auch durch falsche unvollständige Ausführungsplanungen. Auftretende Planungsfehler können beispielsweise unebene Untergründe, häufige Materialwechsel und ungünstige Lagen von Dehnfugen bzw. Durchdringungen sein, welche besonders leicht Mängel nach sich ziehen [6].

Wie im Handbuch Baumängel und Bauschäden angeführt haben Befragungen mit Arbeitern von Bauwerksabdichtungsfirmen ergeben, dass 60 Prozent von ihnen vor der Anstellung als Bauteilabdichter in völlig anderen, nicht bautechnischen Berufen, arbeiteten. 60 Prozent des befragten Fachpersonals gaben an, dass die Vertrautheit zu den fach einschlägigen Bauteilabdichtungs-Normen nur teilweise gegeben sind [33]. Als Qualifikation für Bauteilabdichtungen ist lediglich ein Gewerbeschein notwendig, dass abgesehen von einigen kompetenten Qualitätsfirmen, einen unqualifizierten Mitbewerb zur Folge hat. Jede Art von Wunderabdichtungsmittel für sämtliche Anwendungsfälle, die in Werbungen und Magazinen angepriesen werden, können nicht immer als solches funktionieren [31].

*„Um eine dauerhafte und auf den jeweiligen Problemfall abgestimmte Sanierungsvariante festlegen zu können, muss analog zur Vorgehensweise in der Medizin über die rein visuelle Beobachtung hinausgehend erst eine umfassende Diagnose durchgeführt werden, um dann die richtige und optimale Therapie festlegen zu können [31, Cziesielski, 2006, S.370].“*

Da betroffene Stellen nach der Bauwerksfertigstellung nur schlecht bis nicht mehr zugänglich für Sanierungen sind, ist im Falle eines Neubaus besonders auf die fachgerechte Herstellung der Abdichtung zu achten. Die Kosten der Fehlersuche und Schadensinstandsetzung einer mangelhaften Ausführung übersteigen jene der fachgerechten Neu-Herstellung um ein Vielfaches. Sanierungsmaßnahmen an Abdichtungen und Durchdringungen von Bestandsgebäuden fallen unter anderem darunter [6].

In dieser Arbeit wird auf sämtliche, vom Gebäude getrennte oder außerhalb des unmittelbaren Gebäudeverbandes befindliche, wasserableitende Systeme und Konzepte wie mobile Dämme und stationäre Dämme nicht näher eingegangen. Diese Wasserableitungssysteme sowie grundstücksumschließenden Maßnahmen können als generelles Entwässerungskonzept einer gesamten Siedlung, unter Betrachtung aller daraus resultierenden Veränderungen für die Wasserabflusswegigkeit der Umgebung, durchaus eine Lösung sein. Wird nur ein einzelnes Gebäude, ohne Rücksichtnahme auf die Umgebung, mittels Dammkonstruktionen geschützt, kann das eine Verschlechterung der Situation für tiefer liegende angrenzende Gebiete bedeuten. Derartige Eingriffe mit negativer Auswirkung auf die Nachbarbebauung sind rechtswidrig [5].

Um die fachgerechte Sanierungsplanung entwickeln zu können, muss auf die möglichen verschiedenen Einwirkungen durch Wasser eingegangen werden. In der ÖNORM B 3692: 2014 werden diese mittels Feuchtigkeitsbeanspruchungsklassen, abhängig von der Intensität und der Örtlichkeit (innen oder außen), unterschieden. Daraus werden unterschiedliche Schichtstärken der Abdichtungsmöglichkeiten hergeleitet [43]. Die deutlich bessere Methode zur Klassifikation der Wassereinwirkungen wird in der deutschen Abdichtungsnorm DIN 18533: 2017 verwendet. Hier wird nach Wassereinwirkungsklassen unterschieden, in welchen im Gegensatz zu den zuvor verwendeten Beanspruchungsklassen die Wasserangriffsarten, -stärken und -örtlichkeiten als auch Untergrundverhältnisse besser und wie folgt hervorgehen:

1. Bodenfeuchte und nicht drückendes Sickerwasser in stark durchlässigem Baugrund (Wassereinwirkungsklasse W1.1-E)
2. Bodenfeuchte und nicht drückendes Sickerwasser in schwach durchlässigem Baugrund (Wassereinwirkungsklasse W1.2-E)
3. Drückendes Wasser mit mäßiger Einwirkung:  $\leq 3,0$  m Eintauchtiefe (Wassereinwirkungsklasse W2.1-E)
4. Drückendes Wasser mit hoher Einwirkung:  $> 3,0$  m Eintauchtiefe (Wassereinwirkungsklasse W2.2-E)
5. Nicht drückendes Wasser bei erdüberschütteten Decken (Wassereinwirkungsklasse W3-E)
6. Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden (Wassereinwirkungsklasse W4-E)

Basierend auf Gutachten für Schadens-, Boden- und Wasserangriffsart, kann ein Sanierungs- bzw. Instandsetzungskonzept erarbeitet werden [6]. Genauere Informationen zu der oben im Punkt 6 angeführten Wassereinwirkungsklasse W4-E sind im Kapitel 5.2 zu finden.

Zu Beginn der Instandsetzungsplanung muss erhoben werden, auf welche Art das Gebäude gegen Wassereintritt geschützt ist. Ist die Betonwand selbst als wasserdichte Abdichtungsebene ausgeführt, so spricht man von einer >Weißen Wanne<. Wenn Abdichtungsbahnen aus Kunststoff, Bitumen oder Natriumbentonit auf der Betonwandaußenseite aufgeklebt sind, ist das Bauteilabdichtungssystem eine >Schwarze Wanne< oder eine >Braune Wanne< [38]. Grundsätzlich kann bei fachgerechter Herstellung lediglich die >Schwarze Wanne< als völlig wasserdicht angesehen werden. >Weiße Wannen< als auch >Braune Wannen< sind maßgeblich von der Dichtigkeit der Betonwand abhängig, welche jedoch immer rissbreitenbegrenzte Mikrorisse enthält. Infolge kleinster Wassereintritte ist ein gewisses Maß an Feuchtigkeitsstellen an der Kellerwandinnenseite zulässig und anzunehmen [44, 45]. Bentonit wird nach heutiger Technologie lediglich als zusätzliche Sicherheit im Zusammenhang mit einer >Schwarzen Wanne< hergestellt. >Braune Wannen< in klassischer Anwendung entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik [6]. Genauere Beschreibungen zu Abdichtungssysteme sind in den folgenden Kapiteln zu finden.

Unabhängig vom Abdichtungssystem muss begutachtet werden wo größere feuchte Stellen am Innenputz der Kelleraußenwand auftreten und welchen ursächlichen Auslöser dahinterstehen. Die Stelle, an der Wasser am Innenputz Zutage tritt und jene, an der das Wasser an der Abdichtungsebene eintritt, müssen nicht übereinstimmen. Wasser kann sich in Mikrorissen innerhalb des Betonkörpers fortbewegen, was die Lecksuche erschwert [34].

Bevor aufwändige Methoden zur Diagnostik von Feuchtigkeitseintritt eingesetzt werden, sollten zuerst jene Anschlussstellen auf ihre Dichtheit überprüft werden, die durch mangelhafte Ausführung entstehen können. Es handelt sich dabei häufig um jegliche Art von Durchdringungen, örtliche Verletzungen der Abdichtungshaut (Schwarze Wanne) oder rechtwinkelig ausgebildete Abdichtungsführungen. Eine Auswahl an Sanierungsmethoden werden in den Unterkapiteln 5.2 bis 5.7 im Detail angeführt. Falls der Wassereintritt auf einige wenige Undichtheitsstellen zurückgeführt werden kann, sollten diese besonders exakt lokalisiert werden, um den Sanierungsaufwand und den damit verbundenen Zeit- und Materialverbrauch möglichst gering zu halten.

Sind undichte Stellen durch visuelle Begutachtung nicht zu orten, muss auf technologische Messverfahren zurückgegriffen werden. Diese sind zerstörungsfrei und lediglich zur Ortung der Fehlstellen, nicht aber zur Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes, anzuwenden. Zu diesen Messverfahren zählen elektrische Verfahren (Dielektrizitätsmessung), Mikrowellenmesstechniken, Farbversuche, chemische Wasseranalysen, Thermografien (Infrarottechnik) und Neutronenbremsverfahren. Einige dieser indirekten Verfahren zur Lokalisierung von Leckagen sind aufgrund des zeitlichen Aufwandes eher teuer einzustufen [31].

Sind als Ergebnis von Begutachtung oder Messverfahren Verletzungen der Abdichtungshaut oder Risse in der Betonschale die Ursache der Leckage, so müssen diese saniert werden [34]. Detaillierte Beschreibungen zum Sanieren von in Betonwänden auftretenden Rissen sind im Kapitel 5.1 zu finden.

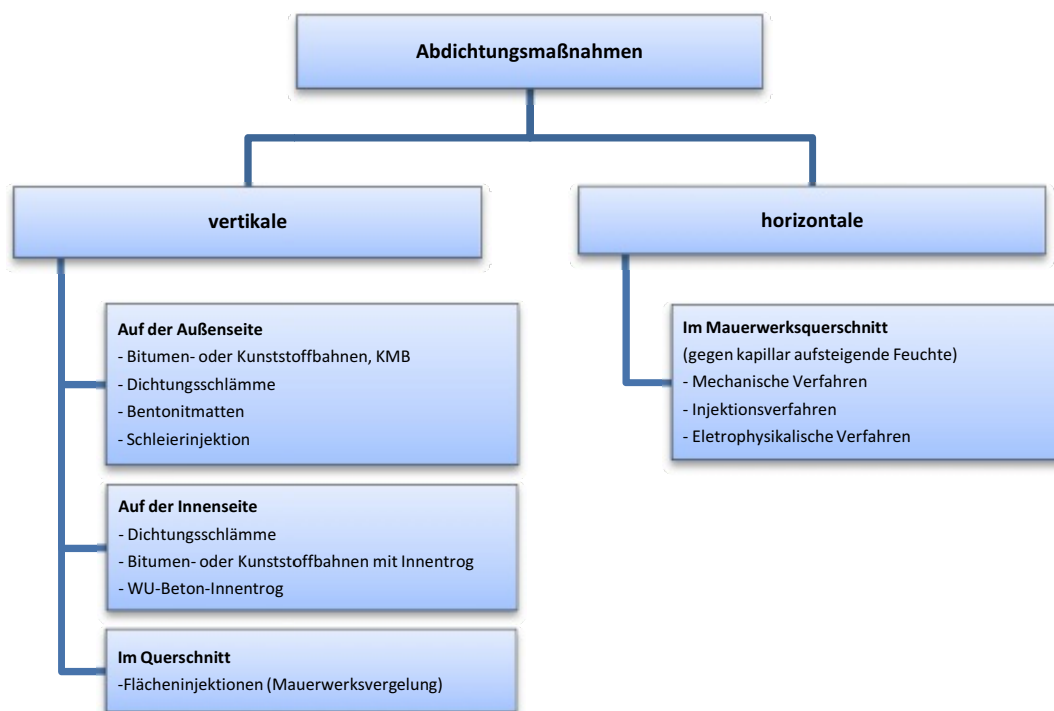
Um ein zufriedenstellendes Abdichtungs- und Sanierungsergebnis zu bekommen, ist die richtige Auswahl der zahlreichen Sanierungsverfahren und Kombinationsmöglichkeiten erforderlich. Aufgrund dieser Vielfältigkeit kann in dieser Arbeit auf die Verfahrens- und Materialtechnik nicht im Detail eingegangen und daher nur auf Quellen das Werk >Lufsky Bauwerksabdichtung< [31] verwiesen werden.

Neben den Vorgaben von Normen und Richtlinien und der Expertise des Instandsetzungsplaners tragen wirtschaftliche Aspekte, besonders in Einzelfällen, großteils zur Maßnahmenwahl bei. Die wirtschaftlich günstigste Variante kann bei komplexeren Sanierungsplanungen oft nicht zielführend sein. Wird die Instandsetzung besonders günstig gehalten, indem diese nur zufolge eines Kostenangebotes mit dazugehöriger Ausführungsskizze durchgeführt wird, haftet der Angebotsleger ebenso für die Planung [46].

Eine grundlegende Übersicht der Abdichtungsvarianten und -maßnahmen an der Kelleraußenwand zeigt das in Abbildung 5.1 dargestellte Diagramm. Bei den Vertikalabdichtungen ist schnell erkennbar, dass sich einige der Maßnahmen besser für Sanierungen und Instandsetzungen eignen, da diese keine Öffnung der Baugrube voraussetzen, sondern von der Kellerinnenseite aus durchgeführt werden können. Anwendungsgebiete, der in diesem Diagramm aufgelisteten Methoden, sind in den folgenden Unterkapiteln zu finden [6].

In Abhängigkeit von der getroffenen Abdichtungsmaßnahme muss der jeweilige Untergrund, an der die Abdichtung aufgeklebt bzw. aufgetragen wird, dementsprechend vorbereitet werden. Voraussetzungen an die Untergrundbeschaffenheit von Abdichtungen

Abbildung 5.1.: Abdichtungsmaßnahmen-Übersicht der Kelleraußenwand [6]



können der ÖNORM B 3692: 2014 entnommen werden. Rauheit, Ebenheit, Sauberkeit und Trockenheit sind die vier zu erfüllenden empirisch erfassten Kriterien, die an die gewählte Abdichtungsmethode angepasst werden müssen [43].

Grenzen in der Verfahrenswahl in direkter Abstimmung mit Detailplanungs- und Ausschreibungsvorgaben geben eine Grundvoraussetzung für fachgerechte bzw. technisch korrekte Planung und Ausführung. Die Instandsetzungsarbeiten im Zuge einer Schadenssanierung werden stets in drei Phasen eingeteilt:

1. Abdichten
2. Trocknen
3. Nutzen

Nur bei Einhaltung dieser Reihenfolge und der Wahl fachgerechter Abdichtungs- und Trocknungsmethoden kann die uneingeschränkte Nutzung sichergestellt werden. In Abhängigkeit vom gewählten Trocknungsverfahren kann der Abtrag von dichtenden Putz- oder Farbschichten erforderlich sein, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erreichen. Maßnahmen zur Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk, sind in dieser Arbeit nicht näher ausgeführt, können jedoch der ÖNORM B 3355: 2017 entnommen werden [6].



## 5.1. Undichte Abdichtungsebene und Fugenkonstruktionen

### 5.1.1. Flächige bauteilabdichtende Instandsetzungsverfahren

#### 5.1.1.1. PMBC, bahnenförmige Abdichtungen und Flüssigkunststoff

Haben die Großflächigkeit der notwendigen Abdichtungsarbeiten und der ausreichenden Platzbedarf um das zu sanierende Gebäude herum zum Entschluss geführt, dass die Baugrube geöffnet werden soll, kann auf einige Sanierungskonzepte mit hohem Sicherheitsniveau zurückgegriffen werden. Abdichtungen auf der erdberührten Außenseite des undichten Bauteiles werden stets als die zuverlässigsten angesehen und sind in der Lage sämtlichen Wassereinwirkungsklassen der DIN 18533: 2017 standzuhalten. Die wohl am bekanntesten vollflächigen Abdichtungsformen sind bahnenförmige Abdichtungsstoffe und PMBC (Polymer Modified Bitumenous Coating; frühere Bezeichnung: KMB), welche beim Neubau als auch bei Sanierungen ihre Anwendung finden. Beide Abdichtungsmaterialien sind aufgrund der sehr guten rissüberbrückenden Eigenschaften, die am meisten verwendeten.

Zu den bahnenförmigen Abdichtungen werden Bitumenbahnen, Kunststoffbahnen und Kaltselbstklebebahnen gezählt. Die wahrscheinlich größten Vorteile von bahnenförmigen Abdichtungen gegenüber von flüssigen sind die kürzere Wartezeit bis zur völligen Trocknung und die Frost- und Niederschlagsunempfindlichkeit. Infolge der werkseitigen Fertigung ist eine regelmäßige Stärke der Produkte gewährleistet. Aufgrund von sehr kurzen Trocknungszeiten ist die Oberfläche der Bahnen unmittelbar ohne Einschränkungen gebrauchstauglich. Fehlstellen an Nähten, Anschlüssen und Durchdringungen sind an der Außenseite nicht wirklich bemerkbar, was die Unkontrollierbarkeit dieses Systems ausdrückt. Die sorgfältige fachgerechte Bearbeitung ist die Grundvoraussetzung für qualitative Abdichtungsergebnisse. Ein weiterer Nachteil stellt der große Aufwand bei Übergangskonstruktionen zu WU-Beton-Bauteilen dar, welche bei Hochbauten im Gegensatz zu Tiefbauanwendungen ohne Leckwasser vollständig dicht hergestellt werden müssen.

PMBC ist ein sehr leicht zu verarbeitendes abdichtendes Material, welches vor allem auch bei verwinkelten Geometrien hervorragende Abdichtungserfolge erzielt. Der Untergrund erfordert ein hohes Maß an Ebenheit, damit bei großen Rissformen keine undichten Stellen in der Abdichtungsebene entstehen. In den meisten Fällen wird die abzudichtende Oberfläche mit Bitumenvoranstrich vollflächig grundiert. Besondere Trockenheitsanforderungen dieses Abdichtungsverfahrens ermöglichen das erforderliche Haftungsvermögen des PMBC am Untergrund bzw. auf der Grundierungsschicht. Findet PMBC auf haufwerksporigen Baustoffen wie Mauerwerken seine Anwendung, so müssen jegliche Fugen und Oberflächenporositäten bis zu 5 Millimeter mit Vermörtelungen, Dichtschäumen oder Kratzspachtelungen ausgeglichen werden. Bei großen Unebenheiten und Lochbildungen ist das vollflächige Verputzen des Untergrundes eine Möglichkeit. Ist das Bauteil zu stark durchfeuchtet, sollten beispielsweise Dichtungsschlämme als Zwischenabdichtung aufgebracht werden. Diese erzeugen einen Haftgrund für das PMBC und unterbinden den Feuchtigkeitstransport aus dem Bauteil.

Flüssigkunststoffe (FLK) werden für erdberührte Abdichtungen nach DIN 18533: 2017 für Anwendungen von W3-E (nicht drückendes Wasser bei erdüberschütteten Decken) und W4-E (Wandsockel) zugelassen. Sie bestehen aus synthetischen Reaktionsharzen

mit organischen Zugabestoffen und teilweise mineralischen Füllstoffen. FLK gewährleistet die Rissüberdeckung von mindestens 2,0 Millimeter. Falls anhand von Herstellerangaben keine zusätzlichen Detailinformationen angeführt sind, ist dieser, ab einer Trocknungszeit von etwa 8 Stunden, als Regenfest anzusehen. Bei Anwendungen von Flüssigkunststoff ist zu bedenken, dass die Kriterien an die Ausführungssorgfalt und die Trockenheit des Untergrundes strenger sind, als jene an Heißbitumenabdichtungsverfahren.

Flüssige Abdichtungsmaterialien wie PMBC oder FLK sind in aufzustreichenden, -spachtelnden oder -rollenden Verfahren auf den abzudichtenden Bauteil aufzutragen. Bei großflächigen Anwendungen können geeignete Materialien sogar aufgespritzt werden. Flüssige Abdichtungsmaterialien werden in der Regel in zwei aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen schichtenweise aufgetragen. Die Dauer zwischen dem Aufbringen der beiden Schichten ist grundsätzlich kurz zu halten. Die zweite Schicht sollte jedoch erst ausgeführt werden, nachdem die Hautbildung der ersten so weit fortgeschritten ist, dass diese beim folgenden Übergang nicht mehr beschädigt werden kann.

Damit aufgrund von spitzen Steinformen, bzw. im Zuge der Baugrubenverfüllung, keine Beschädigungen an den aufgetragenen Außenabdichtungen entstehen, müssen Schutzschichten wie Perimeterdämmplatten, Dränmatten oder Schutzmatten in Kombination mit oder ohne Vlies aufgebracht werden [6].

Die Anzahl der aufzutragenden Lagen und die Mindestschichtdicken der Abdichtungsmaterialien sind den Herstellerangaben sowie den Angaben der ÖNORM B 3692: 2014 oder der DIN 18533: 2017 zu entnehmen.

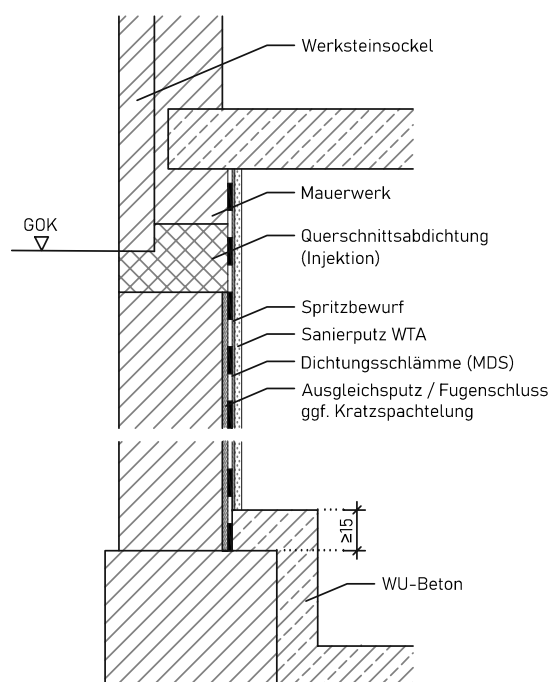
Im Falle von stauenden Wasserformen, wie Sicker- und Schichtenwässer, ist zu den abdichtenden Maßnahmen die Herstellung einer funktionstüchtigen Drainage von Bedeutung. Diese kann bei korrekter Dimensionierung und Ausführung den Druckwasserzustand entspannen oder sogar verhindern. Befindet sich der Keller im Grundwasserbereich oder ist das Gebäude auf durchlässigen Sandböden gegründet, ist die Drainagierung keine mögliche bzw. notwendige Option. Die Notwendigkeit solcher unterstützenden Maßnahmen und Einrichtungen muss im Rahmen des Abdichtungs- und Instandsetzungskonzepts abgewogen werden [6].

#### 5.1.1.2. Innenabdichtungen

Weitere Verfahren für die vollflächige Abdichtung von undichten Kellerwänden bietet jene auf der Bauteilinnenseite. Diese Instandsetzungsmaßnahme bietet bei beengter Bebauung zu Nachbargebäuden eine mögliche Ausführung, wenn die Baugrubenöffnung an der Gebäudeaußenseite keine Alternative darstellt. Eine Innenabdichtung wird in der Regel mit Hilfe von Dichtungsschlämmen (MDS) als abdichtende Ebene hergestellt. Eine mögliche Ausführungsform wird anhand einer Ausführungsskizze in Abbildung 5.2 dargestellt.

Laut dem WTA Merkblatt 4-6-14/D: 2014 darf die Gründungstiefe des nachträglich abzudichtenden Bauteils maximal 3 Meter betragen, ohne auf Sonderlösungen ausweichen zu müssen. Untergrundreinigung, Überarbeitung des Fugennetzes und Aufbringen von Ausgleichsschichten sind notwendige Untergrundvorbereitungen für dieses Verfahren. Da rissüberbrückender MDS grundsätzlich einen trockenen Untergrund benötigt, muss im Falle von Wassereinwirkungen eine starre Dichtungsschlämme als Grundierungs- bzw. Vordichtungsschicht aufgebracht werden. Grundsätzlich bestehen mineralische Dichtungsschlämmen aus Trockenmörtel mit Zement und einer Polymerdispersion, welche entwe-

Abbildung 5.2.: Innenabdichtung mit Dichtungsschlämme [6]



der werkseitig in Pulverform oder als Flüssigkomponente eingemischt wird. Da diese Abdichtungsvariante den Wandbildner nicht abdichtet sondern abschottet, besteht die Möglichkeit, dass dieser nach erfolgreicher Sanierung stärker durch Feuchtigkeitseinwirkung belastet wird als zuvor.

Eine Querschnittsabdichtung am oberen Ende des Kellermauerwerks oder des Sockelbereichs in Kombination mit der Innenabdichtung ist essentiell, um horizontal aufsteigende kapillare Wasserleitfähigkeit zu unterbinden. Diese kann mit mechanischen und injizierenden Methoden hergestellt werden. Die Ausführung in Abbildung 5.2 ist etwa in einem Niveau mit der Geländeoberkante und stellt eine Querschnittsabdichtung mittels Injektion dar. Diese wird mit einer gewissen Übergriffslänge zur Innenabdichtung hergestellt, um Leckagen zu vermeiden. Die Abdichtung des Bodens bildet eine WU-Betonschale, welche überlappend an der tiefsten Stelle der Innenabdichtung angeschlossen wird.

Injektionsverfahren gegen einen horizontalen kapillaren Feuchttransport sind analog zu den vollflächigen Bauteilabdichtungen mittels querschnittsabdichtenden Injektionsverfahren herzustellen. Jegliche Informationen zu Anwendungsgrenzen der Injektionsverfahren und der Materialwahl werden im folgenden Unterparagraph **>Querschnittsabdichtende Injektionsverfahren<** erklärt. Bei mechanischen Verfahren wird mittels bahnen- oder plattenförmigen Sperrschichten der kapillare Feuchtigkeitstransport unterbunden. Der für die Sperrschicht benötigte Schlitz wird durch Sägen hergestellt. Nach dem Einschleiben der abdichtenden Schicht, werden verbleibende Hohlstellen kraftschlüssig verpresst. Da kurzfristig ein Teilabschnitt der Wand nicht in der Lage ist Lasten abzutragen, entstehen infolge der temporären Lastumlagerung Spannungszustände und Verformungen. Um Schäden wie Risse, Setzungen, horizontale Verschiebungen oder sogar Einstürze zu

vermeiden, sind zu sanierende Bauteile auf deren Zustand im Bezug auf die statisch-konstruktive Tragwirkung vorzuuntersuchen. Anhand von herstellungsbedingten Erfordernissen der mechanischen Verfahren (Platz für Sägearbeiten) und der ermittelten Höhe des Bemessungswasserstandes, ist die Lage der Sperrschicht, im Bezug auf die höhenmäßige Ausrichtung, zu evaluieren. Mechanische wie injizierende Verfahren, zur Herstellung dieser querschnittsabschotenden Maßnahme, sind zeitlich immer vor jener der Vertikalabdichtungsebene durchzuführen, damit an dieser keine Schädigungen entstehen können.

Dichtungsschlämme sind, ebenso wie Beton, nur wasserundurchlässig, jedoch nicht wasserdicht. Daher sollten Gebäudeteile deren Raumnutzungen besondere Trockenheitsanforderungen bedürfen, nicht auf diese Weise saniert werden. Wird gefordert, dass sich kein Tauwasser auf der Innenseite des Bauteils bilden darf, muss Sanierputz auf die MDS-Schicht aufgebracht werden. Abdichtungsbahnen und Innentröge aus Beton kommen meist nur bei hohen Wasserdrücken, permanent hohen Grundwasserständen und bei besonderen Vorgaben an das Raumklima (Museum) zur Anwendung. Aufgrund der Variabilität und Komplexität, der für das fachgerechte Herstellen von Innenabdichtungen notwendigen Maßnahmen und Komponenten, ist dieses Verfahren meist nicht die erste Wahl [6].

### 5.1.1.3. Querschnittsabdichtende Injektionsverfahren

Ein gel- bzw. harzbasiertes Abdichtungsverfahren, welches bei vollflächigen Bauteilabdichtungen als auch bei Verschließungen von einzelnen Rissen, Hohlräumen, Fugenbereichen und Bauteilanschlüssen im Beton Anwendung findet, ist die Abdichtung des Wandquerschnittes via Querschnittsinjektion. Dabei werden Bauteile, deren Abdichtungsvermögen aufgrund von Rissbildung verloren gegangen ist, saniert. Im Gegensatz zum injizierten Abdichtungsschleier außerhalb, an der Erdseite des Bauteils, wird hierbei der Wandquerschnitt selbst als Abdichtungsebene modifiziert. Bei Flächenabdichtungen wird das Injektionsmaterial mittels Rasterbohrungen gleichmäßig im Bauteil verpresst, wodurch die Abdichtungsebene im Wandbildner selbst entsteht. In Abhängigkeit vom Material des abzudichtenden Bauteils werden die ausgeführten Rasterabstände angepasst. Dieses Verfahren findet bei undichten Betonwänden, sowie bei Mauerwerken als Kelleraußenwand seine Anwendung. Injektionsmittel unterbinden auf verschiedenste Art und Weise den Feuchtigkeitstransport mittels Kapillarität. Die Materialwahl der möglichen Injektionsstoffe hängt maßgeblich vom Abdichtungsprinzip ab, welches eingeteilt wird in:

- Kapillarverstopfungen (Kapillaren werden vollständig verfüllt)
- Kapillarverengung (Kapillarradiusverengung auf ein Maß, welches keinen Wassertransport mehr zulässt)
- Hydrophobierung (vollständige Benetzung der Kapillarwandungen, sodass kapillarer Wassertransport nicht mehr möglich ist)
- Kapillarverengung + Hydrophobierung (Kombination der zuvor genannten Prinzipien)

Nachdem Voruntersuchungen am abzudichtendem Bauteil seitens eines Professionisten durchgeführt wurden, kann, bezogen auf wesentliche Kriterien wie Durchfeuchtungsgrad

Tabelle 5.1.: Injektionsmittel und ihre Wirkprinzipien [6]

Injektionsmittel	Wirkprinzip	Bemerkungen
Alkalisilikate Kaliwasserglas	kapillarverengend	Bei der Abscheidung von Kieselgel bilden sich auch leicht lösliche Salze, die den Salzgehalt gegenüber dem Ursprungszustand erhöhen, Folg können hygroskopische Feuchteschäden sein. Schwinden des Gels kann erneute Feuchteerscheinungen nach sich ziehen
Kaliummethysiliconat	hydrophobierend	Auch hier nachträgliche Erhöhung des Salzgehaltes möglich, Anwendung sollte auf geringe Durchfeuchtungsgrade beschränkt bleiben
Kombinationsprodukte aus vorstehenden Produktgruppen	kapillarverengend + hydrophobierend	Auch hier nachträgliche Erhöhung des Salzgehaltes möglich
Silikonmilkroemulsionen	hydrophobierend	Wasserverdünnbare, selbstemulgierende Lösung auf Basis spezieller Silikonrohstoffe, die sich unter Druck in den Poren verteilt, auch bei hohen Durchfeuchtungsgraden einsetzbar
Organische Harze	kapillarverengend + hydrophobierend	Zum Beispiel Epoxidharze oder Polyurethanharze, Verteilung unter Umständen problematisch, Harzausfall langwierig
Acrylatgele	kapillarverdichtend	Niedrigviskoses wasserbindendes Acrylat, auch bei hohen Durchfeuchtungsgraden einsetzbar
Paraffine	kapillarverdichtend	Mauerwerk muss vorgetrocknet und auf mindestens 80 °C aufgeheizt werden, damit sich das geschmolzene Paraffin in den Poren verteilt

oder Salzgehalt, ein geeignetes Injektionsmaterial bestimmt werden. In Tabelle 5.1 werden die für Bauteilinjektionen verwendeten Materialien samt deren Wirkungsprinzip genannt und Bemerkungen zu Anwendungsgebieten bzw. -grenzen gemacht. Den Angaben der Hersteller können wichtige materialbezogene Eigenschaften wie temperaturabhängige Viskosität oder Härteverlauf entnommen werden. Unabhängig von der Prinzip- und der Injektionsmittelwahl ist eine fachgerechte Ausführung auf der Baustelle maßgeblich für den Abdichtungserfolg [6].

Bei jedem Injektionsverfahren sind ein Injektionsgerät, gegebenenfalls eine Mischanlage für die Rissfüllstoffgemisch, eine Verdämmung und ein Packer (Einfüllstutzen) Bestandteile der Injektionsgerätschaft. Sollte die Anwesenheit von Druckwasser höhere Injektionsdrücke erfordern, darf jener Maximaldruck, der ca. ein Drittel der Nenndruckfestigkeit von Beton entspricht, nicht überschritten werden, da ansonsten infolge der Injektion ein erhöhtes Rissverhalten (Reißverschlusseffekt) bzw. die Zerstörung des Betongefüges droht [47].

Der Trend auf Baustellen Injektionen drucklos auszuführen, sollte vermieden werden, da Druckinjektionen nachweislich deutlich höhere Füllgrade und folglich bessere Abdichtungsergebnisse erzielen. In der Regel wird der Injektionsdruck von Hochdruckgeräten mit Membran- oder Kolbenpumpen erzeugt, welche einkomponentiges (1-K) oder zweikomponentiges (2-K) Injektionsmittel in die Bohrlöcher verpressen. Um dies zu bewerkstelligen muss das Mundstück des Injektionsgeräts am Einpressnippel eines Packers angeschlossen werden. Packer können als Klebe-, Schlag- oder Bohrpacker ausgeführt werden. Im Normalfall beträgt der Rasterabstand der Packerplatzierung etwa 2/3 der Bauteildicke.

Obwohl das Injektionsverfahren eine anerkannte Abdichtungsform darstellt, führen fehlgeschlagene Ausführungen in der Praxis zu vielen Bauschäden. Die Komplexität der Materialvoruntersuchung und -wahl samt deren Wirkungsprinzipien, der Feuchtigkeitstransportmechanismen, der örtlichen Randbedingungen, der Anwendungsgrenzen der Hersteller und der Ausführungsplanung erfordern sachkundiges Personal in der Planung sowie in der baulichen Ausführung.

Die Querschnittsabdichtung von Hochlochziegeln ist nicht geeignet, da jeder Hohlraum vollkommen verfüllt werden müsste, was als nicht realitätsnah einzuschätzen ist [6].

#### 5.1.1.4. Schleierinjektion

Analog zu Innenabdichtungen ist bei der nachträglichen Abdichtungsmethode infolge einer Schleierinjektion keine Baugrubenöffnung erforderlich. Hierbei wird der feuchte Wandbildner im Rasterabstand durchdrungen, um mittels Injektionsdüsen an der Erdseite einen Schleier aus einem Gemenge zu erzeugen. Dieses besteht aus dem via Injektion eingebrachten Acrylatgel vermischt mit angrenzendem Erdmaterial, welches bei richtigem Mischverhältnis zur Abdichtungsebene wird. Da Untergrundbeschaffenheiten meist sehr variieren, muss das angrenzende Erdreich erkundet werden. Erst dann kann das Verfahren durch fachkundige erfahrene Unternehmen durchgeführt werden. Anhand von Mehrstufeninjektionen, kann Gel in verschiedener Reaktivität verwendet werden, um beispielsweise unnötigen Materialverbrauch zu verhindern. Das verwendete Material der Vorinjektion sollte aufgrund des schnellen Viskositätsanstieg in der Lage sein Hohlräume, die Umengen des eingebrachten Injektionsgutes verschlingen, schon im Vorhinein abzuschot-ten. Erst die danach eingebrachte Injektion bildet die abdichtende Ebene. Ergänzungen von Polymerdispersionen können das Schrumpfverhalten als auch das Haftungsvermögen verbessern. Da Acrylatgel ein gewisses Maß an Bodenfeuchtigkeit benötigt, sollten, wie bei querschnittsabdichtenden Injektionsverfahren, mindestens 50 Zentimeter unter GOK mit hautförmigen Abdichtungen, als Übergriffslänge gegen Austrocknung, ausgeführt werden. Der wohl größte Vorteil an Schleierinjektionen gegenüber Innenabdichtungen ist, dass der Wandbildner im Laufe der Zeit trocknet. Eine vollkommene Wasserdichtheit ist jedoch nicht gegeben [6].

#### 5.1.2. Riss-Sanierungen

Laut der deutschen Norm DIN EN 1504-5: 2013 für Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken, können Rissfüllstoffe in folgende Leistungsfähigkeitsgruppen eingeteilt werden [6]:

- F (force transmitting): kraftschlüssige Füllung, um Zug-, Druck- und Schubkräfte besser übernehmen zu können  
Materialien: Epoxidharz (EP), Zementleim (ZL) oder Zementsuspension (ZS),...
- D (ductile): dehnbare Füllung, die eine elastisch weiche Verbindung der Betonflan-ken erreicht, um die Änderungen bei wiederkehrenden Rissursachen aufnehmen zu können  
Materialien: Polyurethan (PUR),...
- S (swelling fitted): quellfähige Füllung, welche Risse und Hohlräume bei Quellvor-gängen, infolge von wiederholten Wasseraufnahmeprozessen, abdichtet  
Materialien: Acrylatgel,..

##### 5.1.2.1. Zementsuspensionen und -leime

Zwänge auslösende Spannungszustände wie Temperaturänderungen führen oft wiederholt zu Rissen, was vor allem Betone mit geringen Rissbreiten und -bewegungen betrifft. Auf-grund der hohen Leistungsfähigkeit an die durch Spannungsumlagerungen beanspruchte Abdichtungsstoffe, sind dehnbare Rissfüllstoffe wie Epoxidharz-Injektionen (EP-I), nicht



geeignet. Sanierungsmöglichkeiten bieten Zementleim- bzw. Zementsuspensionsverpressungen. Da WU-Bauteile ohnehin teilweise wassergefüllt sind, kann mit Hilfe dieser hoch alkalischen wasserunempfindlichen Füllstoffe zum einen eine Rissverfüllung und zum anderen die Wiederherstellung der alkalischen Umgebung für die Bewehrung hergestellt werden. In der Regel können beim Verpressen von Zementsuspensionen und -leimen, im Gegensatz zu den polymeren Füllstoffen, im Niederdruckverfahren in Kombination mit Klebepackern zufriedenstellende Füllgrade erreicht werden. Verschmutzungen in den zu verfüllenden Rissen kann mit Rissvorbereitungsmethoden entgegengewirkt werden, um gute Haftung des Zementleims an den Rissflanken zu gewährleisten. Im Falle von weiteren Überlastungen sollten keine neuen Risse im Betonkörper entstehen. Es besteht lediglich die Gefahr, dass sich jene Rissfüllkörper aus erhärteter Zementsuspension zufolge dieser Spannungsspitzen wieder öffnen. Bei WU-Bauwerken sind Risse mit kleinen Rissbreiten grundsätzlich kein Problem, da sich bei Wasserdargebot Selbstheilungsprozesse der noch nicht hydratisierten Zementpartikel der erhärteten Suspension einstellen [6].

Die sogenannte Selbstheilung von Beton wird durch einen chemisch-physikalischen und auch mechanischen Prozess beschrieben. Das im Betonkörper ungebundene Calciumhydroxyd reagiert mit Kohlensäure, welches mittels Luft oder Wasser hervordringen kann und zu wasserunlöslichen Calciumkarbonat umgewandelt wird. Wasser übernimmt im Selbstheilungsprozess die Aufgabe eines Reaktionspartners, sowie eines Transportmediums. Feinstoffpartikel, welche bei der Entstehung von Rissen anfallen oder extern hinzugefügt werden, gelangen mit Hilfe von Flüssigkeit zu Engstellen in Rissen und bleiben an diesen hängen (Siebung). Infolge der Hydratation des Zementsteins mit dem Wasser entsteht ein Quelleffekt, welcher für die abdichtende Wirkung in den Rissflanken verantwortlich ist. Große Rissbreiten, Rissbreitenänderungen, Druckhöhen und Durchströmungsgeschwindigkeiten wirken sich negativ auf Selbstheilungsprozesse aus. Die Dauer dieser Prozesse ist von Wochen bis Monaten in Abhängigkeit von den Rissparametern, vor allem von den Rissbreitenänderungen, abzuschätzen [48].

#### 5.1.2.2. Polyurethan

Polyurethan (PUR) ist ein schnell reagierendes Injektionsmaterial, welches sich für die Rissanierung eignet. Da das Polyurethanharz bei Wasserkontakt schlagartig reagiert, ist keine Verdämmung erforderlich. Die für Rissverdämmungen verwendeten Harze erhärten zu elastischen Stoffen, welche die Verbindung der Rissflanken gewährleisten und gleichzeitig eine flüssigkeitsabdichtende Barriere erzeugen. Aufgrund der dehnbaren Materialeigenschaften ist Polyurethan besonders bei Bauwerkssanierungen für wiederkehrende Rissursachen geeignet, da dieses in der Lage ist Bewegungen der Rissbereiten aufzunehmen. Die Leistungsfähigkeit von PUR ist sehr begrenzt, daher sollte die Injektion bei maximalen Rissbreiten erfolgen. Eigen- bzw. zwangsbeanspruchte Bauteile erreichen diese bei niedrigsten Temperaturen, jedoch darf die Sanierung nicht unter 3 Grad Celsius durchgeführt werden. In der Regel sind Abdichtungsinjektionen in mehreren Durchgängen herzustellen, was eine fachgerechte Planung der Injektionsdurchgänge mit Nachinjektionen erfordert. Um die Leistungsgrenzen der Produkte nicht zu überschreiten, ist eine fachkundige Begutachtung des abzudichtenden Bauteils in Hinblick auf die Rissbreitenänderungen zweckdienlich.

Bei Druckwasseranwendungen kann PUR in Kombination mit dem schnell schäumenden



Polyurethan (SPUR) als Vorinjektion eingesetzt werden. SPUR soll den Wasserdruck ähnlich wie ein Schleier vom Bauteil fernhalten. Da dieses sehr schnell die Elastizität verliert, ist nur ein notwendiger Teil damit zu verfüllen. Um die Dauerhaftigkeit der Instandsetzungsmaßnahme zu gewährleisten, wird das restliche Bauteil mit dehnbarem PUR über separate Bohrpacker verfüllt [6].

### 5.1.2.3. Acrylatgele

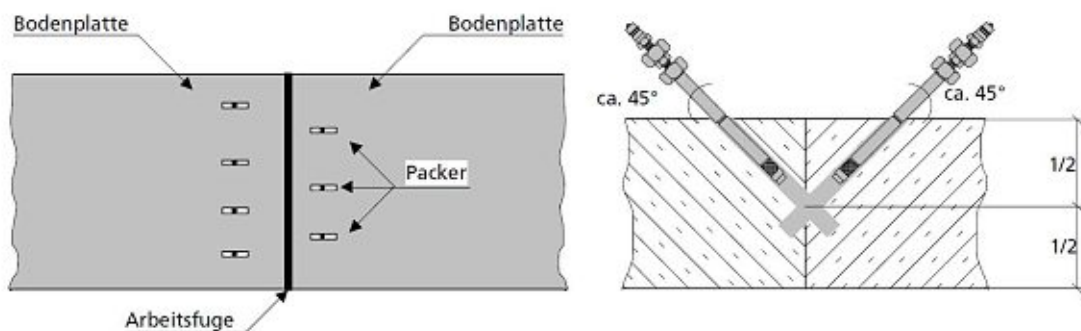
Die für viele Anwendungszwecke bekannten Acrylatgele bestehen grundsätzlich aus zwei Komponenten, welche in statischen Mischern vermennt werden. Da das Gemenge sehr reaktiv ist und während einer Förderungspause ungewollte Reaktionen im Mischkopf drohen, muss dieses über eine dritte wasserfördernde Versorgungsleitung stets von Material freigehalten werden. Acrylatgele quellen stark während des Bindungsprozesses mit Wasser, wodurch infolge des ständigen Wasserangebots die Poren des zu schützenden Bauteils verfüllt werden und die abdichtende Wirkung einsetzt. Dieser Mechanismus setzt sogar nach Trockenzeiten wiederholt ein. Da bei Austrocknungsprozessen eine Volumsabnahme zufolge der Schrumpfung vorliegt, kann es bis zum Erreichen der reaktiven Wassermenge zu Wassereintritten kommen. Die Anwendung von Acrylatgel ist daher auf erdberührte Bauteile beschränkt, deren Rissbreitenänderungsvermögen auf weniger als ein Zehntel der Rissgröße selbst abzuschätzen ist. Aus diesem Grund sollte, beginnend bei einer Höhe von mindestens 50 Zentimeter unter GOK, eine Übergreifungslänge mit hautförmiger Abdichtung ausgeführt werden. Einsätze im Zusammenhang mit Spannbetonbauten und Chlorideinwirkungen sind untersagt.

Sehr kontrovers wird die Anwendung von Acrylatgelen in Stahlbetonbauteilen behandelt. Im Gegensatz zu anderen zugelassenen Rissfüllstoffen hat Acrylatgel keine fixierte normierte Zusammensetzungsrezeptur. Eines der Komponenten von Acrylatgelen ist das reaktive Startersalz, welches je nach Zugabemenge den pH-Wert der Mischung verändert und zu erhöhter Korrosionsgefahr führen kann. Da die Reaktivität, welche mit der Dauer der Erhärtung des Gels gleichzusetzen ist, in erster Linie durch die Startersalzzugabe geregelt wird, können, in Abhängigkeit vom Anwendungszweck, die Eigenschaften des Acrylatgels verändert werden. Beispielsweise sollten bei niedrigen Temperaturen bzw. bei hohem Wasserdruck schnelle Erhärtungszeiten eingestellt werden. Zuzufolge dieser pH-Wert-Schwankungen ist in der Regel bei Kontakt mit dem Bewehrungsstahl keine Passivierung, wie dies vergleichsweise bei zementgebundenen Rissfüllstoffen aufgrund deren Alkalität der Fall ist, möglich. Alkalien können jedoch durch Acrylatgel diffundieren und dadurch eine positive pH-Wert-Erhöhung erreichen. Untersuchungen zufolge konnte herausgefunden werden, dass die zugegebene Startersalzmenge folgende Eigenschaften beeinflusst:

- pH-Wert: Je höher die Startersalzzugabe, desto niedriger der pH-Wert (Korrosionsgefahr!)
- Eigenfestigkeit: Je höher die Startersalzzugabe, desto niedriger die Eigenfestigkeit
- Quellvermögen: Je höher die Startersalzzugabe, desto höher der Quellgrad

Forschungsergebnissen zufolge dürfen einzelne Acrylatgel-Produkte bei Sanierungen von Stahlbetonkonstruktionen zur Anwendung kommen. Bei fachgerechter Ausführung erreichen diese aufgrund ihrer guten Eigenschaften als Rissfüllstoff zuverlässige Ergebnisse [6].

Abbildung 5.3.: Sanierung einer Fundament-Arbeitsfuge mit Injektionsharz [4]



### 5.1.3. Fugenkonstruktions-Sanierungen

Abhängig von Art und Lage der Fugenbänder in Arbeitsfugen sind verschiedene Methoden zur Sanierung möglich. Liegen Fugenbänder gut zugänglich, ohne der Notwendigkeit von großen Aushüben und der aufwendigen Freilegungen mittels Stemmgeräten, können diese durch Schweißen bei thermoplastischen Fugenbändern bzw. vulkanisieren bei Elastomeren ausgebessert werden. Es stellt sich jedoch oft heraus, dass dies die aufwendigeren Verfahren sind. Die meist günstigere und einfachere Lösung, undichte Stellen von Fugenbändern zu sanieren, ist die Verpressung mit Injektionsharz. Acrylharz oder Polyurethanharz sind die dafür verwendete Materialien, welche, zusätzlich zur abdichtenden Funktion, Bewegungen und Dehnungen der Arbeitsfugen zulassen [31]. Vor allem bei schmalen Fugenkonstruktionen, bei denen eine Entfernung des undichten Fugenmaterials nicht möglich ist, können Elastomer-Fugenbänder, die an der Innenseite aufgebracht werden, oder spritzbare Sanierungsmöglichkeiten herangezogen werden [36].

Sind vertikale Arbeitsfugen bei Betonwänden als auch horizontale Arbeitsfugen bei Bodenplatten sowie Anschlussstellen zwischen Bodenplatte und aufgehende Betonwand schadhaft, können diese mit Injektionsharz saniert werden. In der Abbildung 5.3 wird im Grundriss (links) und im Schnitt (rechts) dargestellt, wie die Injektionsdüsen beim Sanierungsverfahren mit Injektionsharz von Fundament-Arbeitsfugen angeordnet werden, um eine konstante Verfüllung zu erlangen. Es ist darauf zu achten, dass die erforderlichen Düsenlöcher mit dem eingebrachten Verpresspacker die Mitte des Bauteils erreichen und in einem Winkel von etwa 45 Grad eingebohrt werden. Nach dem Einbringen bzw. Verpressen des Injektionsharzes, mit dem an das jeweilige Objekt angepassten Injektionsdruck, werden die Packer wieder entfernt und die zurückgebliebenen Bohrlöcher mit Spezialmörtel verfüllt. Bei senkrechten Wand-Arbeitsfugen wird dieses Sanierungsverfahren analog angewendet. Anschlussstellen zwischen Bodenplatte und aufgehender Betonaußenwand können im Sanierungsfall nur von der Innenseite des Gebäudes injiziert werden, da sich die Außenseite unter der Erde befindet [4].

Im Gegensatz zu Arbeitsfugen sind Bauteil- und Bewegungsfugen aufgrund des Flankenabstandes der Bauteile zueinander mit anderen Sanierungsverfahren zu bewerkstelligen. Im Zuge einer Fugeninstandsetzung sind folgende Optionen ausführbar:

1. Dichtstoffsystemerneuerung
2. Fuge mit Fugenband überkleben

### 3. Alten Dichtstoff durch Kompressionsdichtband ersetzen

Ist aufgrund der Platzverhältnisse genügend Bearbeitungsraum vorhanden, um eine Erneuerung des Dichtstoffsystems durchzuführen, so ist eine gewisse Reihenfolge an Schritten erforderlich. Zuerst ist der alte Dichtstoff und das Hinterfüllprofil zu entfernen. Durch Abfräsen werden die Fugenflanken aufgeraut bzw. etwaige vorhandene Dichtstoff- und Primerrückstände restlos weggeschliffen, oder im Falle einer zu kleinen Fugendimension erweitert. Sollten Fugenkanten ausgebrochen sein, so sind sie mit Sanierungsmörtel neu aufzubauen. Sämtliche Kontaktflächen müssen für den darauf folgenden Dichtstoffneueinbau vorbereitet werden. Zuletzt werden Primer, Hinterfüllungsprofil und der Dichtstoff selbst eingebracht, welche als gemeinsame Einheit das neue Abdichtungssystem bilden.

Ist die Dichtstoffsystemerneuerung aus platzbedingten oder anderen Gründen nicht möglich bzw. unwirtschaftlich, kann beispielsweise auf die Sanierung mit geklebten Fugenbändern ausgewichen werden. Vor allem bei Dehnfugen im Hochbau, an denen die Entfernung der Altdichtstoffe einen deutlichen Mehraufwand bedeuten würde, können Elastomer-Fugenbänder effizient eingesetzt werden. Da Fugenbänder nicht an den Fugenflanken, sondern an den Fugenrändern aufgeklebt werden, sind deren Oberflächen mit fachgerechten Aufbereitungsmethoden wie nachmörteln, abschleifen und entstauben vorzubereiten. Bei Sanierungen wird als Trennlage eine PE-Folie oder Silikonpapier zwischen Bewegungszone des Fugenbandes und dem verbliebenen Altdichtstoff eingebracht, um Verklebungen bzw. mögliche Unverträglichkeiten zu verhindern. In Abhängigkeit von den Untergrundverhältnissen bzw. der Oberflächenvorbereitung haben Entscheidungen über Klebstoff- und Primer-Wahl sowie -Bedarf zu erfolgen.

Die dritte zuvor genannte Sanierungsmethode ist die des Austausches des undichten alten Dichtstoffes durch Kompressionsdichtbänder aus Schaumstoff. Bevor die Wahl auf dieses Instandsetzungsverfahren fällt, sind die Dimensionen der Bauteilfuge und jene des Schaumstoffbandes zu vergleichen, um die Kompatibilität im Bezug auf den Platzbedarf im Vorfeld abzuklären. Bei der Durchführung dieses Verfahrens ist lediglich die Entfernung des Altdichtstoffes und eine grobe Aufbereitung und Reinigung der Fugenflanken notwendig [36]. Im Zuge des Sanierungsfortschrittes wird ein Kompressionsband mit Schaumstoffteil verwendet, welches sich nach dem Einbringen mit fortschreitender Zeit ausdehnt und sich den Flanken der Fuge anschmiegt. Anschließend wird der Schaumstoffteil via Injektionskanäle mit Acrylharz verpresst und somit abgedichtet. Es ist jedoch darauf zu achten, dass lediglich Bauteilbewegungen von 10 bis 15 Prozent des Fugenmaßes selbst vom Injektionskörper aufgenommen werden können. Die Anwendung von Querkraftdornen ist mit dieser Sanierungsmethode kompatibel [49].

## 5.2. Sockelbereich - Lichtschachtanschluss

### 5.2.1. Sockelbereich

Laut ÖNORM B 3692: 2014 ist das Gefälle des Bodens vom Sockelbereich abläufig zu planen. Abdichtungen sind grundsätzlich 15 Zentimeter über die angrenzende Geländeoberkante hochzuführen und mit Hilfe von Verkleidungen gegen Beschädigungen zu schützen. Ist das zu schützende Objekt in Hanglage, in schneereichen Gebieten oder in Stauwasserregionen, sind diese hochgezogenen Abdichtungen entsprechend der Einwirkungen, mit einem Mindestmaß von 30 Zentimetern, anzupassen [43].

Die Wassereinwirkungsklasse W4-E für Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden wird nach der deutschen Abdichtungsnorm DIN 18533: 2017 in den folgenden Absätzen genauer erörtert. Der wiedergegebene Teilausschnitt gibt Auskunft über Sockel-Abdichtungen und Mauerquerschnittsabdichtungen.

Das Hochziehen der Abdichtung muss hinter einer Verkleidung geführt werden. Diese wird entweder an der Außenseite der tragenden Außenwand durch die Wärmedämmung geschützt, oder bei 2-schaligen Mauerwerken an der inneren Wandschale hochgeführt und durch die äußere Schale verdeckt. Die Sockelzone wird dem Bereich von etwa 30 Zentimeter oberhalb der Oberkante des Anschlussgeländes und 20 Zentimeter unterhalb dieses eingegrenzt. Falls im Bereich oberhalb der Geländeoberkante ausreichend wasserabweisende Bauteile verwendet werden, darf an dieser Stelle die Abdichtung weggelassen werden. Damit wird gezielt auf barrierefreie niveaugleiche Türschwellen bzw. Fixverglasungen abgezielt, welche mit besonderen Anschlusskonstruktionen hergestellt werden müssen, um Wasserdichtheit zu erreichen.

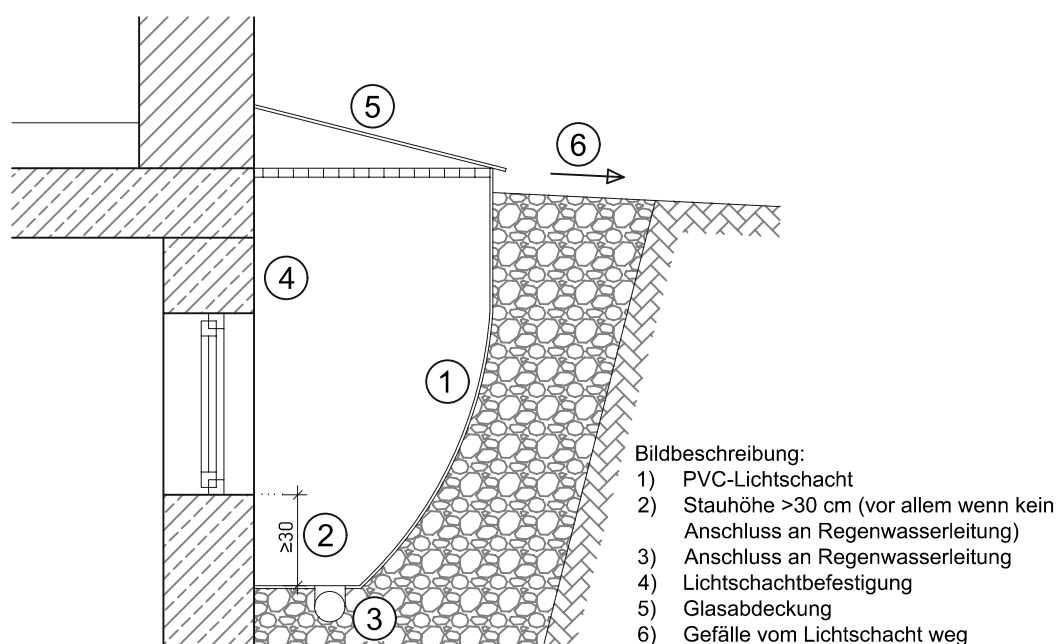
Die ebenfalls in der Wassereinwirkungsklasse W4-E enthaltenen Mauerquerschnittsabdichtungen werden in Fußpunktabdichtungen und Mauerquerschnittsabdichtungen eingeteilt. Erstere sollen den Eintritt von, durch Schlagregen ausgelöst, abfließendem Wasser an der Rückseite von Verblendmauerwerken eines 2-schaligen Mauerwerksystems verhindern und nach außen ableiten. Mauerquerschnittsabdichtungen, welche nur im Falle von kapillaraktivem Beton erforderlich sind, verhindern hingegen die, innerhalb von tragenden Mauern, kapillar aufsteigende Feuchtigkeit. Vor allem bei Sanierungen von Altbauten kommen Betone vor, die ähnliche kapillare Eigenschaften aufweisen, wie Mauerstein. Betonkonstruktionen des 21. Jahrhunderts zeigen in der Regel kein kapillares Leitvermögen auf, was der Notwendigkeit von Mauerquerschnittsabdichtungen widerspricht. Bei Neubauten ist lediglich bei feuchtigkeitsempfindlichen Stoffen in Wand- und Fußbodenaufbauten, welche im Zuge der Errichtung infolge von Baufeuchte geschädigt werden können, eine derartige kapillare Trennschicht sinnvoll. Ein zweites Anwendungsgebiet für Mauerquerschnittsabdichtungen bringen Spezialfälle der Wassereinwirkungsklasse W1-E mit sich [6].

### 5.2.2. Lichtschachtanschluss

Wie auch bei Sanierungen an Rissen in der gebäudeabdichtenden Ebene sind Kenntnisse über Boden- und Grundwasserverhältnisse von großer Bedeutung. Die anhand eines Gutachtens enthaltenen hydraulischen, geotechnischen und geologischen Eigenschaften dienen als Grundlage für die notwendigen Schritte in Hinblick auf das Abdichtungskonzept der Gebäudehülle und in weiterer Folge jener des Lichtschachtes bzw. des Kellerfensters.

In der Regel bestehen Lichtschächte des Bestandes aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) bzw. PVC. In vielen Fällen führt, wie im Kapitel 3.2.2 in Abbildung 3.3 a) und b) dargestellt, der Abwasseranschluss an der Unterseite des Lichtschachtes direkt in das Erdreich bzw. in den Drainageschotter oder bleibt sogar verschlossen. Mögliche Szenarien für die Füllung des Lichtschachtes sind daher entweder der Einlauf über das Lichtschachtgitter am höchsten Punkt des Schachtes, oder jener über die nicht angeschlossene Abwasseröffnung an der Unterseite. Zweiteres entsteht nur, wenn zeitweise drückendes Wasser infolge von Schichtenwasser, Hangwasser oder Grundwasserhochstän-

Abbildung 5.4.: Lichtschachtabdeckung [7]



den auf den Lichtschacht einwirkt. Diese undichte Stelle oder inkorrekte Ausführung kann beispielsweise durch die fachmännische Herstellung eines Rohrleitungsanschlusses an eine Regenwasserleitung korrigiert werden. Um die Rohranschlüsse an den Lichtschacht und an einer geeigneten Regenwasserleitung durchführen zu können, ist eine punktuelle Öffnung der Baugrube unumgänglich. Wie in Folge im Kapitel 5.4 genauer erklärt wird, müssen sämtliche, sich unter der Rückstauenebene befindlichen, Wasserableitungen über geeignete technische Einrichtungen gesichert werden.

Weiters kann das für den Abwasseranschluss vorgesehene Loch an der Unterseite des GFK-Lichtschachtes wasserdicht verschlossen werden. Dies verhindert jedoch jegliche Möglichkeit für das Entweichen von anfallendem Wasser. Diese Variante sollte nur gewählt werden, falls mindestens 30 Zentimeter Stauhöhe bis zur Fensterunterkante vorhanden und ein wasserdichter transluzenter Lichtschachtdeckel angebracht sind. Meist werden diese Lichtschachtabdeckungen aus Glas und vom Gebäude abfallend ausgebildet. Versiegelnde Ausführungen des Lichtschachtes übernehmen die abdichtende Funktion gegenüber dem zufließenden Oberflächenwasser. Die Funktion der Luftzufuhr über das Kellerfenster für den angeschlossenen Raum ist nach Ausbildung der luftdichten Abdeckung nicht mehr gegeben. Außerdem muss angenommen werden, dass derartig ungeschützte Abdeckungen durch Vandalismus und anderen Beschädigungen undicht werden können. Mögliche Ausführungsvarianten einer Lichtschachtabdeckung sind in Abbildung 5.4 dargestellt, welche mehrere Kombinationen der umschriebenen Sanierungsmöglichkeiten bildlich vereinen [7].

Eine gute Sanierungsvariante stellt die des hochgezogenen Lichtschachtes dar. Hierbei wird mit Hilfe von Aufsatzelementen der höchste Punkt des GFK-Schachtes samt dem Gitterrost auf ein gewisses Maß über jenes des Anschlussgeländes hergestellt. Im besten Fall ist das gewählte Niveau über der Rückstauhöhe. Produktdatenblätter von



Abbildung 5.5.: Hochgezogener Lichtschachtsockel [5]



MEA-Groups versprechen dabei mit höchstens 3 Elementen eine mögliche Aufstockung der Lichtschachtoberkante auf ein Gesamtmaß von bis zu 99 Zentimeter über dem des ursprünglichen Geländes. Bevor eine derartige Sanierung ausgeführt wird, ist das Aufstockungssystem mit Aufsatzelementen auf die Kompatibilität mit dem bestehenden Lichtschacht zu überprüfen. Jene Elemente sind mit Aussteifungsrahmen auszuführen und mit einem Betonkranz zu umschließen. Sie sind in Abhängigkeit von der Stärke der Dämmungseinlage mit Schrauben oder Gewindestangen mit Klebeanker an der Betonwand bzw. am Mauerwerk zu befestigen [50],[5].

Sei es die Sanierung eines GFK-Schachtes oder jene eines Betonlichtschachtes, so sieht das Endergebnis des hochgezogenen Lichtschachtsockels in etwa so aus, wie in Abbildung 5.5. Je nachdem in welcher Höhe sich die Rückstauenebene des Gebäudes in Bezug auf das Anschlussgelände befindet, kann jene des hochgezogenen Sockels viel höher ausfallen, als in Abbildung 5.5 dargestellt ist.

Unabhängig von korrekt ausgeführten Maßnahmen an der Ober- und Unterseite des Lichtschachtes, können seitlich an Stößen von Wärmedämmplatten und an kleinen unebenen Stellen, in Abhängigkeit vom Abdichtungssystem der Kelleraußenhülle, kleinere Wassermengen eintreten, wenn diese vermeintlichen Eintrittspunkte nicht durch eine geeignete Maßnahme verhindert sind [7]. Für diesen Zweck kommen in erster Linie Flüssigkunststoff oder ein TPE-Band (Thermoplastisches Elastomere-Band) zur Anwendung. Stellt sich die Frage, welches der beiden Materialien bei einer wasserdichten Anschlussstelle herangezogen werden sollte, so ist diese Entscheidung lediglich aufgrund deren Abbindeigenschaften zu treffen. Flüssigkunststoff ist sehr gut zu verarbeiten und hat eine sehr schnelle Abbindezeit, jedoch sind die Materialkosten teuer. Die Abbindedauer sowie die Arbeitszeit eines Thermoplastischen Elastomer-Band (TPE-Bandes) ist im Vergleich sehr lang, wodurch dieses nur bei ausreichender Zeit zur Anwendung kommen kann. Die Gesamtkosten der beiden Abdichtungsanschlüsse halten sich in etwa die Waage [34]. Besonders gut verhält sich die Montage eines GFK-Lichtschachtes auf vorgefertigten Montage-Wärmedämmplatten, welche wie ein fugenloser Rahmen um das Fenster angebracht werden. Diese können im Sanierungsfall jedoch nur montiert werden, falls der Lichtschacht ausgegraben, abgehoben und die alten Dämmplatten im Bereich des Formstückes entfernt werden [37].

Wie im Kapitel 6.3, welches sich mit der Geländegestaltung befasst, genauer beschrieben wird, sollte das Geländegefälle immer vom Gebäude bzw. in diesem Fall vom Lichtschacht weg ausgeführt werden.

Sind aufgrund der hydraulischen Untergrundverhältnisse Keller-Wannenkonstruktionen wie >Weiße Wannen< erforderlich, ist die Anwendung in Kombination mit GFK- oder PVC-Lichtschächten nicht geeignet. Lichtschachtkonstruktionen für starke Wasser- und Erddruckeinwirkungen sollten stets in die Wanne integriert werden. Daher ist die Ausführung eines, mit dem Gebäude im direkten Verbund befindlichen, WU-Beton-Lichtschachtes, bevorzugt mit gleicher Sohlhöhe, auszubilden [7].

Laut ÖNORM B 3692: 2014: „Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen“ sind Lichtschächte bei nicht drückendem Wasser derartig auszuführen, dass in der Regel kein Aufstauen im oder um den Lichtschacht entstehen kann. Bei drückendem Wasser ist der Lichtschacht in das jeweilige Abdichtungssystem einzubinden, die Entwässerung jedoch getrennt auszuführen. Sämtliche Befestigungselemente sind in wasserdichter Ausführung herzustellen [43].

Tritt der Fall ein, dass Sanierungen am Lichtschacht nicht möglich bzw. finanziell oder ausführungstechnisch zu aufwendig sind, ist die Durchbruchsabdichtung ebenso mit einem geeigneten Fenster zu bewerkstelligen. Instandsetzungen und Ausführungsvarianten von Kellerfenstern zur Erreichung des Widerstandes gegen angreifendes Oberflächenwasser und dadurch entstehenden Wasserdruck im Kellerfensterschacht sind im Kapitel 5.5 angeführt.

### 5.3. Rohrdurchführungen und Durchbrüche

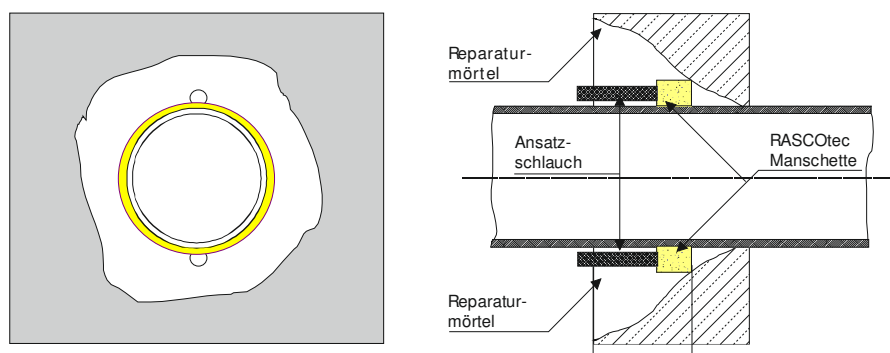
In der ÖNORM B 3692: 2014 ist ein Mindestabstand von 50 Zentimeter für Einbauteile bzw. Durchbrüche untereinander und auch von Bauteilen, wie beispielsweise Gebäudedecken oder Bewegungsfugen, festgelegt. Bei Unterschreitungen sind diese Durchdringungskonstruktionen mit geeigneten Anschlusstechniken zu planen.

Aufgrund von Setzungen in unmittelbar angrenzenden Bodenbereichen der durchdrungenen Kellerwand ist eine bewegliche, leicht verformbare Rohrdurchführungskonstruktion notwendig, um daraus resultierende Spannungsspitzen an der Rohrleitung zu vermeiden. Diese Beweglichkeit wird im Falle eines Neubaus mittels Überschubrohren mit ausreichendem Ringspalt und elastischem Dichtungsmaterial gewährleistet. Überschubrohre können bauseits in die Schalung der Betonwand eingelegt werden und erreichen mit dem mittig positionierten Dichtflansch einen guten Verbund und Formschluss. Abhängig von der Wandabdichtungstechnik ist das passende Durchführungselement zu wählen [38].

Im Gegensatz zum Neubau können im Sanierungsfall keine Teile des Rohrdurchführungssystems im Vorhinein in die Schalung eingelegt werden. Hier kann die Abdichtung nur bedingt mittels Formschluss und Passgenauigkeit erreicht werden. Abbildung 5.6 stellt eine Schadenssanierung der Abdichtungsfirma Rascor in Ansicht und Schnitt dar. Im ersten Schritt muss bei einer Sanierung die veraltete undichte Rohrdurchführung freigestemmt und ersetzt werden. Die RASCOTec Manschette wird kragenartig eng um das Rohr der Durchdringung gelegt und mittig im Betonkörper platziert [49]. Der in gelb dargestellte Ring ist ein schwammiger Platzhalter und wird in weiterer Folge zur nachträglichen Injektion benötigt. Direkt an der Manschette sind zwei kleine Schläuche



Abbildung 5.6.: Rohrdurchführungssanierung [4]



befestigt. Nachdem der zuvor ausgebrochene Hohlraum mit Reparaturmörtel verfüllt und erhärtet ist, wird durch diese Schläuche das Injektionsmaterial eingepresst. Das Injektionsmaterial erreicht mittels Druck die Verfüllung der Hohlräume rundum sowie in der Manschette und führt zu einer vollkommenen Abdichtung der Durchdringung [34].

Da bei Sanierungen dieser Art keinerlei dauerelastisches Dichtungsmaterial mit Ringspiel vorhanden ist und mit Injektionsdruck gearbeitet wird, ist als Voraussetzung die Druckbeständigkeit des Durchdringungsrohres gefordert [49].

Die Sanierung eines Durchbruches wird mit einer sehr ähnlichen Technik, wie die einer Rohrdurchführung, getätigt. Abbildung 5.7 stellt das von der Abdichtungsfirma Rascor verwendete Sanierungsverfahren in einer Schemenskizze dar. Im ersten Arbeitsschritt wird die geforderte Form des Durchbruches freigestemmt und ein gerader flacher Innenabschluss des Ausbruches, mithilfe von Spezialmörtel, hergestellt. In diese Durchbruchform wird eine RASCOTec Schaumstoffmatte, als Trägermaterial für Injektionsharz, mittig im Wanddurchbruchsquerschnitt eingepasst. Nachdem innerhalb des Schaumstoffblocks Dübel zur Verankerung der inneren tragenden Wandschicht eingebohrt wurde, wird der Durchbruch an der Innenseite mit Spezialmörtel geschlossen. Um eine dichte Durchbruchssanierung herzustellen, sind die nächsten Arbeitsschritte das Versetzen der Injektionsdüsen und das Injizieren des RASCOflex-Acrylharzes mit objektspezifischem Druck, bis die Schaumstoffmatte und anschließende Porenbereiche vollkommen verpresst sind. Nach dem Ausbau der Injektionsdüsen werden die Bohrlöcher mit Spezialmörtel verfüllt [4].

## 5.4. Kanalrückstau bei Abwasserleitungen

Um die auftretenden Problemstellungen aus dem im Kapitel 3.4 erwähnten Rückstau des Kanalmischwassers im Keller zu verhindern, sind technische Einrichtungen am häuslichen Abwassernetz vorzunehmen. In welchen Bereichen dies erforderlich ist, wird in diesem Kapitel erklärt und bildlich dargestellt.

Sämtliche, sich unter der Rückstauenebene befindlichen, Rohrleitungen, die letztlich in den öffentlichen Kanal münden, sollten mit einer Rückstausicherung ausgestattet werden. Diese Rückstausicherungen werden in passive Rückstauverschlüsse und aktiv pumpende Hebeanlagen eingeteilt. Genaue Anwendungsregeln, Konstruktionsbeschreibungen und

Abbildung 5.7.: Durchbruchssanierung [4]

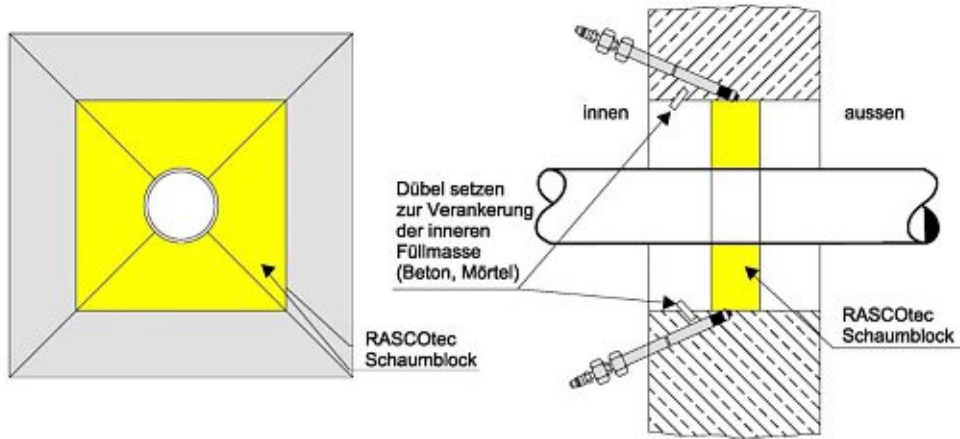


Abbildung 5.8.: Rückstauverschluss [8]

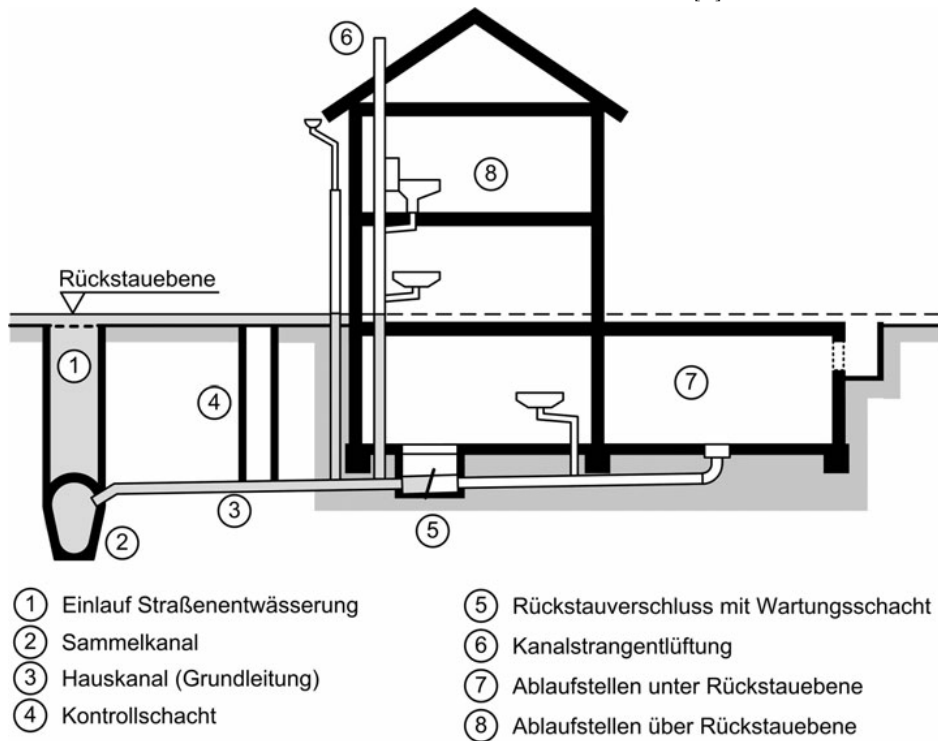
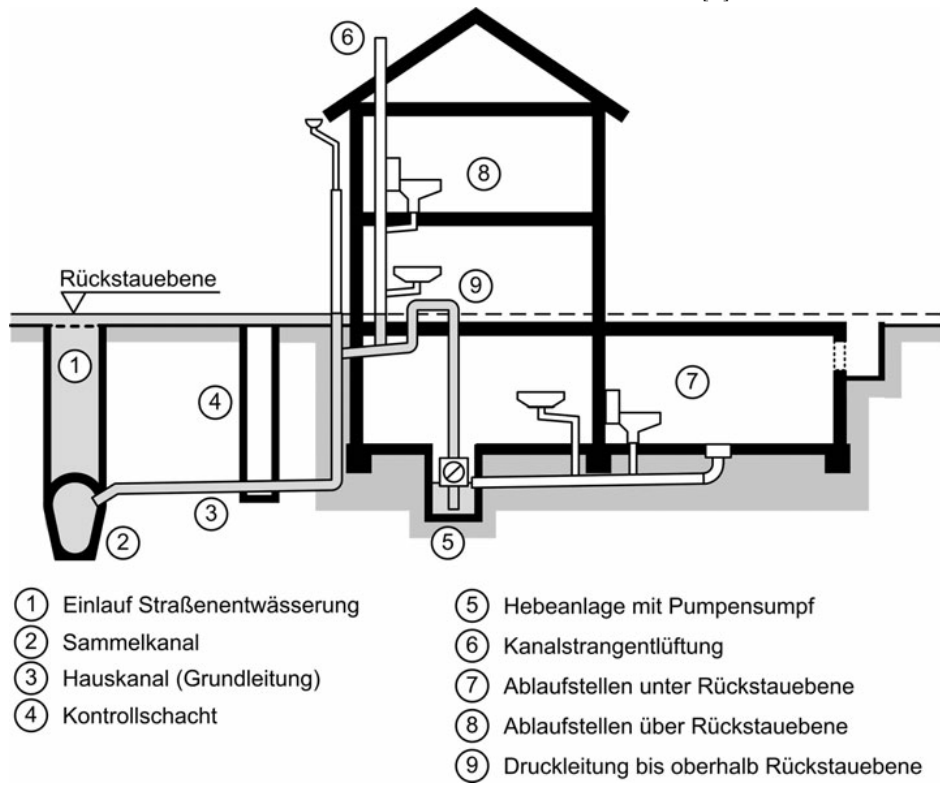


Abbildung 5.9.: Abwasserhebeanlage [8]



Bemessungsvorlagen können der Quelle >Rückstausicherungen – Grundlagen und Erfahrungen, Informationsreihe< [51] entnommen werden.

Grundsätzlich ist die Rückstauenebene der höchste auftretende Wasserspiegel im Druckleitungssystem und gleichzusetzen mit der geografischen Höhe des Kanaldeckels des Anschlussschachtes mit einem Höhenzuschlag, welcher in Abhängigkeit von örtlichen Gegebenheiten bemessen wird. Um für Rückstauschutzsysteme die richtige Höhe der Rückstauenebene zu evaluieren, sind folgende Punkte einzuhalten ([8]):

- Ebene Straßen: Gehsteigkante an der Einmündungsstelle bzw. Straßenniveau plus 10 Zentimeter
- Straßen im Gefälle: als Faustregel die nächstgelegene Einlaufstelle (Kanaldeckel) gegen die Fließrichtung des Kanals
- In Überschwemmungsgebieten: Bemessungshochabflüsse (BHQ) für den Rückstau in der Kanalisation sind erforderlich

Wird als Rückstausicherung ein Rückstauverschluss angebracht, ist unbedingt darauf zu achten, dass alle Falleleitungen und die damit verbundenen, sich oberhalb der Rückstauenebene befindlichen, Anschlüsse erst nach dem Rückstauverschluss angeordnet werden dürfen. Ist dies nicht der Fall, entsteht bei einem Verschluss der Rückstauklappe ein Aufstau des gesamten Gebäudeabflusses. Steigt in weiterer Folge die Druckebene des Rohrsystems über die Rückstauenebene, entweicht das Abwasser an die unterhalb situiereten Abwasseranschlüsse, was zu einer Überflutung der Gebäudeebene führt. Die richtige Anordnung, der in einem Abwassersystem mit Rückstauverschluss gesicherten Komponenten, wird in Abbildung 5.8 dargestellt. Trotz ordnungsgemäßer Anordnung des Rückstauverschlusses, sollten keinesfalls hinter dem ausgeführten Verschluss Abwässer, welche sich unterhalb der Rückstauenebene befinden, zugeführt werden. Diese können erst nach der Öffnung der Rückstauklappe und dem damit verbundenen Rückstauereignis wieder abfließen. Grundsätzlich sind Rückstauverschlüsse nur für Anschlussobjekte untergeordneter Räume vorgesehen. Die Wartung der Rückstauverschlusseinrichtungen ist wesentlich, da diese aufgrund von Ablagerungen durch festes Abwassergut zu Verstopfungen neigen. Abhängig vom Verschlusstyp ist ein Wartungsintervall von bis zu 2 mal jährlich durch Fachpersonal, mit der Empfehlung von, in engeren Zeitabständen zusätzlich stattfindenden Begutachtungen seitens des Eigentümers, vorgeschlagen [52].

Im Gegensatz zu Rückstauverschlusskonstruktionen, wird bei Rückstausicherungen mittels Abwasserhebeanlagen das Abführen von Abwasser in den öffentlichen Kanal selbst im Rückstaufall gewährleistet. Wie in Abbildung 5.9 dargestellt, wird das Abwasser aus sämtlichen, sich unter der Rückstauenebene befindlichen, Anschlussobjekten mit einer Hebeanlage, bestehend aus einer Pumpe und einem Pumpensumpf, über die Rückstauenebene gepumpt. Punkt 9 der Abbildung 5.9 zeigt, dass die Druckleitung, die den Pumpensumpf mit den Abwasserleitungen über der Rückstauenebene verbindet, über die Rückstauenebene geführt werden muss. Damit ist die Abwasserhebeanlage höhenmäßig, dem Schutzeinrichtungssystem nach, richtig installiert. Die Anordnung eines Sammelbehälters stellt sicher, dass das Gebäude bei einem Pumpendefekt nicht unmittelbar durch das Abwasser geflutet wird. In Abhängigkeit von der Gebäudenutzung ist das Wartungsintervall bei Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser ein bis zwei mal pro Jahr vorgesehen. Ebenso wie bei den Rückstauverschlüssen wird eine Begutachtung der Hebeanlage durch den Eigentümer etwa in

monatlichen Zeitabständen geraten. Genaue Detailinformationen zum Planen und Bemessen von Abwasserhebeanlagen sind in der ÖNORM EN 12056-4: 2000 [53] zu finden.

## 5.5. Kellerfenster

Derzeit sind Ausführungen von hochwassersicheren Fenstern, Türen und Toren in keiner Norm oder Richtlinie enthalten. Es besteht jedoch die Möglichkeit in Anlehnung an die Schiffsbaunormen wasserdichte Konstruktionen herzustellen. Diese zielen in erster Linie auf die Dichtheit und Belastbarkeit des Rahmens und der Beschläge gegen drückendes Wasser ab [8].

### 5.5.1. Fenster- und Türanschlüsse nach ÖNORM B 5320: 2017

Die ÖNORM B 5320: 2017: >Einbau von Fenstern und Türen in Wände - Planung und Ausführung des Bau- und des Fenster-/Türanschlusses< enthält sämtliche in Österreich erforderliche Regeln und Vorschriften für den Anschluss von Fenstern und Außentüren. In den nächsten Absätzen wird ein kurzer zusammengefasster Auszug aus dieser Norm wiedergegeben.

Um einen korrekten objektspezifischen Bauanschluss zu meistern, sind alle notwendigen Anschlussebenen - Befestigungsebene, Luftdichte-Ebene, Schallschutz-Ebene, Schlagregendichte-Ebene, Wärmeschutz-Ebene, Winddichte-Ebene - miteinzubeziehen. Sämtliche statischen, bauphysikalischen, gebrauch- und funktionsbezogenen Anforderungen vom Fenster und der anschließenden Wandkonstruktion, auch Wandbildner genannt, müssen mithilfe des ordnungsgemäßen Anschlusses aller zuvor erwähnten Ebenen bewerkstelligt werden. Da die Einbauten der Anschlussebenen meist von mehreren Gewerken durchgeführt werden, sind diese gewerksübergreifenden Schnittstellen sowie zeitlich, als auch herstellungstechnisch durchzuplanen.

Der normierte Begriff >Standard-Fensteranschluss< setzt Mindestanforderungen an die Befestigung des Fensters im Wandbildner und das Verfüllen der Fugen zwischen diesen beiden Bauteile, sei es ein Fenstereinbau oder ein Fenstertausch. Damit werden Luftdichtheit, Schlagregendichtheit und Winddichtheit gefordert. Für die Planung des Standard-Fensteranschlusses sind die geometrische Lage, Art und Position der Fensterbefestigung und Materialangaben zu sämtlichen am Anschluss beteiligten Bauteilkomponenten erforderlich.

Der angrenzende Wandbildner muss für die Lasteinleitung der konstruktiven Befestigungen und das Anbringen der vorher erwähnten Anschlussebenen, aber in erster Linie für den Anschluss der Dichtmittel, ausgelegt sein. Die Oberfläche des unmittelbar angrenzenden Bauteils ist daher eben, tragfähig, nicht-sandend, trocken und rissfrei (Rissbreiten bis 0,2 Millimeter) herzustellen. Ist dies nicht der Fall, ist gegebenenfalls ein Glattnstrich oder die Behandlung der Haftoberfläche erforderlich. Im Brüstungs- und Sturzbereich von Lochziegeln sind die Löcher ausnahmslos zu verfüllen, damit Konvektion an deren Oberfläche verhindert werden kann.

Folgende Toleranzen zum Baurichtmaß (Rohbaulichte) bei Wandöffnungen sind einzuhalten:

- Bis 3 Meter Baurichtmaß: +24 Millimeter und 0 Millimeter

- Über 3 Meter Baurichtmaß: +32 Millimeter und 0 Millimeter

Das geplante Fugen-Sollmaß hat folgende Richtmaße:

- Bis 3 Meter Einbaulänge: mind. 15 Millimeter umlaufend
- Über 3 Meter Einbaulänge: 15 Millimeter umlaufend + temperaturbedingte Ausdehnungen nach Herstellerangaben

Beispielsweise bei einem bis zu 3 Meter großem Fenster ergibt sich zusammengesetzt aus dem 24 Millimeter Baurichtmaß und den zweimaligen 15 Millimeter des Fugen-Sollmaßes ein maximales Fugenmaß von 54 Millimeter.

Die Lasten aller durch das Fenster entstehenden und darauf wirkenden horizontalen und vertikalen Kräfte sind mit Hilfe von Befestigungsmittel, Tragklötzen, Konsolen und dergleichen in den Wandbildner einzuleiten. Füllschäume und Multifunktionsbänder sind nicht als lastabtragendes Element zugelassen.

Falls der Hersteller keine anderen Angaben zum Befestigungsabstand nennt, gilt:

- Maximaler Befestigungsabstand: 700 Millimeter
- Maximaler Abstand an der Ecke: 100 - 200 Millimeter (vom Fensterrahmeninneneck gemessen)
- Bei innerer Rahmenlicht  $\leq$  450 Millimeter ist ein Befestigungsmittel ausreichend

Die Fuge zwischen Fensterstock (Blindstock) und dem Wandbildner ist mit Dämmstoff aufzufüllen. An der Innenseite ist die Luftdichte-Ebene und an der Außenseite die Schlagregendichte-Ebene in Form einer Dichtfolie vom Fenster zum Wandbildner hin anzubringen. Verwendete Dichtstoffe müssen gemäß der ÖNORM EN 15651-1: 2017 der Klasse 25LM bei der Außenanwendung entsprechen. Die Dichtstoffdicke wird in der ÖNORM B 5320: 2017 in einer Tabelle geregelt. Ohne besondere Herstellerangaben sollten sämtliche Dämm- und Anschlussarbeiten nur im Temperaturbereich zwischen +5 und +40 Grad Celsius durchgeführt werden [54].

Die ÖNORM B 5320: 2017 enthält keinerlei Aussagen über Dichtheitsanforderungen der Fenster- bzw. Türanschlüsse im Außenbereich.

### 5.5.2. Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen nach ÖNORM EN 15651-1: 2017

Diese Europäische Norm legt Definitionen für und Anforderungen an nicht tragende Fassadendichtstoffe fest, die im Hochbau zum Abdichten von Fugen in Außenwänden, an Fenster- und Türumfassungen, einschließlich der Sichtflächen im Innenbereich, vorgesehen sind.

Die kurze Beschreibung des nicht tragenden Dichtstoffes für Fassadenelemente muss folgende Merkmale einbeziehen: Markenname, Art (allgemeine chemische Familie), lichtundurchlässig oder lichtdurchlässig, auf Wasserbasis oder frei von Lösemitteln, reaktionsfähig oder nicht reaktionsfähig und Ein- oder Mehrkomponentendichtstoff. Ein Beispiel für eine repräsentative Kurzbeschreibung könnte beispielsweise >lichtdurchlässiger Einkomponenten-Acryldichtstoff auf Wasserbasis< sein.

In dieser Norm werden die Eigenschaften der enthaltenen Fugendichtstoffklassen bei verschiedenen Prüfverfahren tabellarisch angeführt. Beinhaltet sind Rückstellvermögen, Standvermögen, Zugverhalten (Sekantenmodul & Bruchdehnung), Zugverhalten unter Vorspannung, Haft- / Dehnverhalten bei unterschiedlichen Temperaturen, Haft- / Dehnverhalten unter Vorspannung nach dem Eintauchen in Wasser, Volumenverlust, Haft- / Dehnverhalten bei konstanter Temperatur und Haft- / Dehnverhalten nach dem Eintauchen in Wasser - Dehnung bei 23°C.

Nicht tragende Fugendichtstoffe für Fassadenelemente in Gebäuden werden in folgende Klassen unterteilt:

- F (Dichtstoff für Fassadenelemente)
- EXT-INT (en: exterior and interior application = innere und äußere Anwendung)
- INT (en: interior application = innere Anwendung)
- CC (en: cold climate = kaltes Klima)

Besonderen Einfluss auf die Dauerhaftigkeit von abdichtenden Fugen hat die Adhäsion des Dichtstoffes und des verwendeten Primers an die abzudichtende Oberfläche. Weiters ist die Beständigkeit maßgebend von der Kohäsion innerhalb des Dichtstoffes selbst abhängig. Das ausreichende Maß an Adhäsion und Kohäsion eines Fugendichtstoffes gewährleistet den erforderlichen Widerstand gegen mechanische und umgebungsbedingte Beanspruchungen einer Anschlussfuge [55].

Da diese Norm keine Regelungen, bezogen auf Anpressdrücke von Wasser auf Fassaden bzw. Glaselementen, enthält, sind die Anforderungen des Widerstandes und der Beständigkeit einer Anschlussfuge den Herstellerangaben des jeweiligen Produktes zu entnehmen.

### 5.5.3. Fenstertausch

In vielen Bestandsgebäuden, die im 20. Jahrhundert errichtet wurden, sind Kellerfenster minderer Qualität eingebaut worden. Das 2-Glas Kippfenster war damals durchaus ein Standardkellerfenster. Da derartige Fensterausführungsformen kaum Wasserdruck standhalten können, ohne dabei undichte Beschläge zu bekommen, müssen diese in hangwassergefährdeter Lage ersetzt werden [23]. Ein möglicher Ablauf eines Fenstertausches wird in der Fotodokumentation der Fa. Rascor Wien, in Abbildung 5.10, dargestellt [4].

Abbildung 5.10 a zeigt das Auslösen des zu ersetzenden Bestandsfensters aus der Fensterlaibung mit Hilfe von Stemmeisen und Hammer. Beim nächsten Bild (b) wird eine mögliche Anpassung der Durchbruchgröße mit einem Schremmhammer dargestellt. Die Laibungsflanken sind von sämtlichen Verunreinigungen zu befreien und möglichst plan herzustellen. In Abbildung 5.10 c und d wird das Kellerfenster eingesetzt, mit Wasserwaage und Zollstock ausgerichtet und schließlich mit Holzkeilen in richtiger Lage fixiert. Der nächste Schritt (e) ist das Ausschäumen der Laibung mit Montageschaum. Nach der Erhärtung des Schaumes sind die hinterbliebenen Löcher der entfernten Fixierungskeile ebenfalls zu verfüllen. Überstehende erhärtete Schaumreste werden mit einem Cuttermesser entfernt. Je nach Montagevorgaben und Anforderungen an die Lastabtragung, ist das Kellerfenster mit Fensterschrauben oben und unten, sowie seitlich, an der Brüstung zu befestigen. Um einen glatten Anschluss an das Fenster herzustellen, wird die



ausgeschäumte Fuge mit Spezialmörtel geschlossen (f). In Abbildung 5.10 g wird die Abdichtung der Fensterlaibung mit einem TPE-Band, welches in Epoxydharzkleber eingebettet ist, hergestellt. Die nächste Grafik (h) zeigt die fertige Abdichtungsmaßnahme, bevor der Fassadenanschluss und weitere Fassadeninstandsetzungsmaßnahmen getroffen werden. Im letzten Bild (h) der Fenstertausch-Zusammenstellung der Fa. Rascor Wien ist das fertige Fenster vor den Malerarbeiten dargestellt.

## 5.6. Kellertüren

### 5.6.1. Hochgezogener Kellertreppensockel

Eine sehr große Einlaufstelle für Oberflächenwasser bieten Kelleraußentreppen in Hanglage. An diesen Stellen kann sich Wasser bis zu etwa 3 Meter hoch aufstauen, wodurch Standardaußentüren überlastet und aufgebrochen werden [5]. Im Allgemeinen besteht eine große Personengefährdung in unmittelbarer Nähe von Kellertüren, Toren und Fenstern, welche unter Wasserdruck stehen. Das Versagen dieser kündigt sich meist nicht lange an, sondern tritt ruckartig in kürzester Zeit ein [20]. Ohne an der Kelleraußentür Sanierungsmaßnahmen durchführen zu müssen, kann diese potentielle Wassereintrittsstelle, wie zuvor schon im Kapitel 5.2.2 bei Lichtschächten erklärt, mit einer hochgezogenen Sockelausbildung gesichert werden. Eine repräsentative Darstellung für das Ergebnis einer gelungenen Sanierung zeigt Abbildung 5.11. Hier wird die hintere und seitliche Angriffsflanke des Oberflächenwassers der Straße mit einem Betonsockel gesichert. Die Sockelausbildung der Frontseite wird mit 3 Stufen einer Stiege, welche von einem normalen Treppenabgang gefolgt werden, nach oben ausgebildet [5].

### 5.6.2. Wasserschutztüren

Sollte die Fernhaltung von Oberflächenwasser mittels Sockelherstellung bzw. Geländegestaltung nicht möglich sein, so ist eine Wasserschutztür die letztmögliche wasserabwehrende Barriere. Im Rahmen der Literaturrecherche ist die AquaLOCK Wasserschutztüre als Produkt, neben vielen anderen, aufgrund der Hochwasserbeständigkeit, besonders herausgestochen. Der Hersteller gibt an, dass diese hochwasserbeständig und thermisch getrennt bis zu 3 Meter Wasserstauhöhe ausführbar ist. Für die korrekte Montage sei das genaue Aufmaß notwendig, um die exakte Maßgenauigkeit für die geforderte 4-seitige Hochwasserbeständigkeit der Wasserschutztüre zu gewährleisten. Ein Produkt wird laut ift-Richtlinien als hochwasserbeständig klassifiziert, wenn im Laborversuch innerhalb von 24 Stunden maximal 240 Liter reines Wasser durchsickert. Bei verschmutztem Wasser, um welches es sich bei Oberflächenwasser in der Regel handelt, wird dieser Wert aufgrund des Verstopfungseffektes der Schmutzpartikel noch geringer ausfallen. Eine völlige Abdichtung ohne jeglichem Wassereintritt ist bei gewissen Wasserdrücken infolge der Stauhöhe nicht möglich. Die Tür kann in der Leibung thermisch getrennt sowie hinter bzw. vor der Leibung nicht thermisch getrennt mit speziellen Montagevorrichtungen hergestellt werden. Zusätzlich zu den wasserbeständigen Eigenschaften verspricht der Hersteller einen erhöhten Einbruchschutz [56].

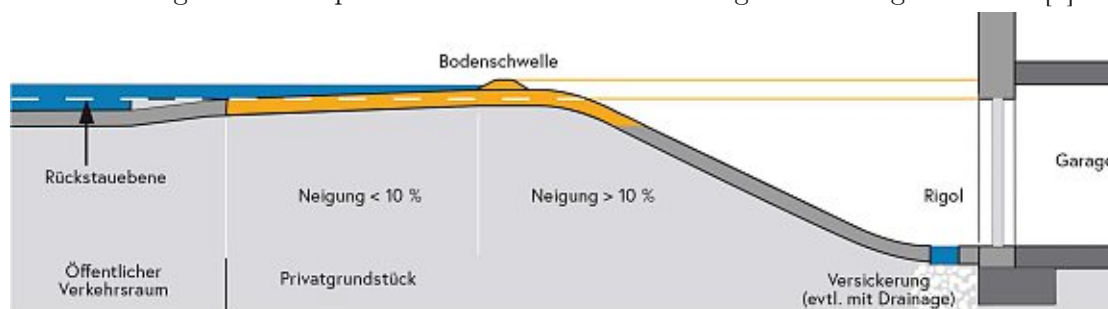
Abbildung 5.10.: Fenstertausch Fa. Rascor [4]



Abbildung 5.11.: Hochgezogener Mauersockel bei Kelleraußentreppe [5]



Abbildung 5.12.: Rampe mit Bodenschwelle bei tief liegender Garagenauffahrt [5]



## 5.7. Garagentore

### 5.7.1. Garagenauffahrt mit Rampe und Bodenschwelle

Garagen in Kellerlage, die im Gebäudeverband integriert sind, wurden Ende des 20. Jahrhunderts vor allem bei beengten Grundstücksverhältnissen im Siedlungsbereich gebaut. Die Problematik des oberflächigen Wasserzulaufs im Falle einer pluvialen Überflutung hat verheerende Auswirkungen auf die im Gebäude befindliche Garage und die mit dieser verbundenen Kellerräumlichkeiten. Anhand der Abbildung 5.12 kann gut erkannt werden, dass sich, ohne der in gelb dargestellten Schutzmaßnahmen, der geschoßhohe Stauraum der Garagenabfahrt mit Wasser füllen und in nächster Konsequenz das Gebäude fluten würde. Lediglich mit einer vom öffentlichen Verkehrsraum beginnenden Steigung (<10 Prozent) und einer zur Erreichung des Rückstauiveaus errichteten Bodenschwelle, kann der Oberflächenzufluss zur Garageneinfahrt verhindert werden. Niederschlagswasser, das direkt auf die Auffahrtsrampe fällt, muss über ein Rigol mit einer geeigneten Versickerungs- oder Wasserableitungseinrichtung abgeführt werden. Angrenzende Grünflächen- bzw. Geländegestaltungen müssen an diese Maßnahme angepasst bzw. kombiniert werden [5].

### 5.7.2. Hochwasserbeständige Tore

Sollte aus gewissen Gründen die Errichtung der Gefälle- und Schwellenausbildung vor einem Garagentor, welches in Folge in den Kapiteln 6.3 und 5.7.1 genauer beschrieben wird, nicht möglich sein, so ist auf hochwasserbeständige Tore zurückzugreifen. In der Literaturrecherche konnte nur das AquaLOCK Tor als zuverlässiges, vom ift-Institut Rosenheim geprüft, Produkt gefunden werden. Der Hersteller verspricht bis zu 1,6 Meter Wasserhöhe die Vorgaben der ift-Richtlinie der Hochwasserbeständigkeit einzuhalten. Der geringe Durchsickerungswert sollte mögliche Starkregenereignisse mit starkem Oberflächenwasserangriff schadlos überstehen lassen. Zusätzlich zu den hochwasserbeständigen Eigenschaften des Tores, wird ein erhöhter Schutz gegen Einbrüche versprochen [56].

## 6. Präventive Errichtungsmaßnahmen für Neubauten

Im Hinblick auf die Gefahr von Oberflächenwasserabfluss sollte schon bei der Grundstückswahl auf künftige Probleme geachtet werden. Die Wasser-Gefahrenkarte des Wisa (Wasser Informationssystem Austria) im Internet ist selbst für Laien selbsterklärend und gut anwendbar. Jeder Bürger kann auf eigener Faust auf der Internetseite: <https://maps.wisa.bmlrt.gv.at/vorlaeufige-risikobewertung-2018> in den Hochwasserrisiko-managementplan einsehen und ist somit in der Lage potentielle Gefährdungen durch Hochwasser und Oberflächenabfluss selbst zu erkennen [5].

Ist das Grundstück in einer Gefahrenzone, wäre bereits in der Planungsphase eine kurze Begutachtung eines Professionisten eine große Hilfe. Damit kann das Aufwenden von wenigen finanziellen Mitteln im Vorfeld große Sanierungen am Gebäude und nachträgliche Geländeanpassungsmaßnahmen verhindern. Wie bereits im Kapitel 2.2 anhand eines Beispiels gezeigt wurde, kann in weiterer Folge eine genaue Naturkatastrophenanalyse bzw. eine Oberflächenabflusssimulation durchgeführt werden [20].

Im Unterschied zu Altbauten, kann bei einem Neubau das gesamte Know-how im Hinblick auf Oberflächenabfluss angewendet werden. Durch einige grundlegende Maßnahmen können beinahe alle im Kapitel 5 erwähnten Sanierungsmöglichkeiten vermieden werden. Die wahrscheinlich beste Methode Wasser vom Neubau weg zu halten, ist die Gestaltung des Geländes um das Gebäude. Sollte trotz der passenden Grundstücksgestaltung Oberflächenwasser zum Gebäude vordringen, sind die Ausführungsdetails für Neubauten nach dem Stand der Technik ausreichend wasserabweisend, um dem anfallenden Oberflächenwasser entgegenzuwirken [5]. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit auf wassereintrittsgefährdete Stellen bei Neubauten nicht näher eingegangen.

In der deutschen Abdichtungsnorm DIN 18533: 2017 ist die Rede vom Vermeiden unnötig hoher Wassereinwirkungen. Es soll somit erzielt werden, dass den durch Niederschlag ausgelösten Oberflächenabflüssen entgegengewirkt werden kann. Um dies zu bewerkstelligen sind Maßnahmen erforderlich, welche das dem Gebäude zulaufende Wasser vom Gebäudesockel fern halten sollen. Abgesenkte Gebäudeeinrichtungen wie Lichtschächte und außenliegende Treppenabgänge müssen daher so errichtet werden, dass Oberflächenwasser erst gar nicht zu diesen vordringen kann [6]. Wie diese Maßnahmen durchgeführt werden, ist in den folgenden Kapiteln dargestellt und ausführlich erklärt.

### 6.1. Wasserdurchlässige Flächen

Wie bereits im einführenden Kapitel 1.2.2 erwähnt gibt es mehrere Probleme mit wenig wasserdurchlässigen bis völlig wasserundurchlässigen Bodenflächen. Bei naturbelassenen Oberflächen funktioniert der Wasserabtransport in einem natürlichen Kreislauf. Der Wasserkreislauf beginnt mit dem Niederschlag auf die Oberfläche eines Gebietes. Ein Teil des



Niederschlags verdunstet direkt an der natürlichen Bodenoberfläche. Ein weiterer Teil des Wassers wird durch die Vegetation von der Oberfläche als auch in der Wurzelzone im Untergrund aufgenommen. Pflanzen geben Feuchtigkeit wiederum an die Atmosphäre ab. Die restliche Wassermenge versickert im Untergrund und bildet Grundwasser. Bei großen Regenereignissen kann nicht genügend Wasser infolge der zuvor genannten Mechanismen aufgenommen werden, wodurch die übrige Restmenge an Regenwasser oberflächlich abfließt. Wie im Kapitel 6.2 genauer erklärt wird, ist das Versickerungsvermögen maßgeblich von der Bodenart abhängig.

Die Versiegelung des Bodens, was im weiteren Sinne einer Abdichtung der Geländeoberfläche gleichgesetzt werden kann, wirkt sich besonders negativ auf den im Wasserkreislauf dargestellten Mechanismus aus. Beinahe die gesamte Menge des Niederschlages wird direkt infolge von Oberflächenabfluss mit großen Geschwindigkeiten dem Gefälle nach abgeleitet, was zu Überschwemmungen führen kann. Um Szenarien dieser Art zu vermeiden, sollten möglichst viele Flächen naturbelassen bzw. wasserdurchlässig ausgeführt werden.

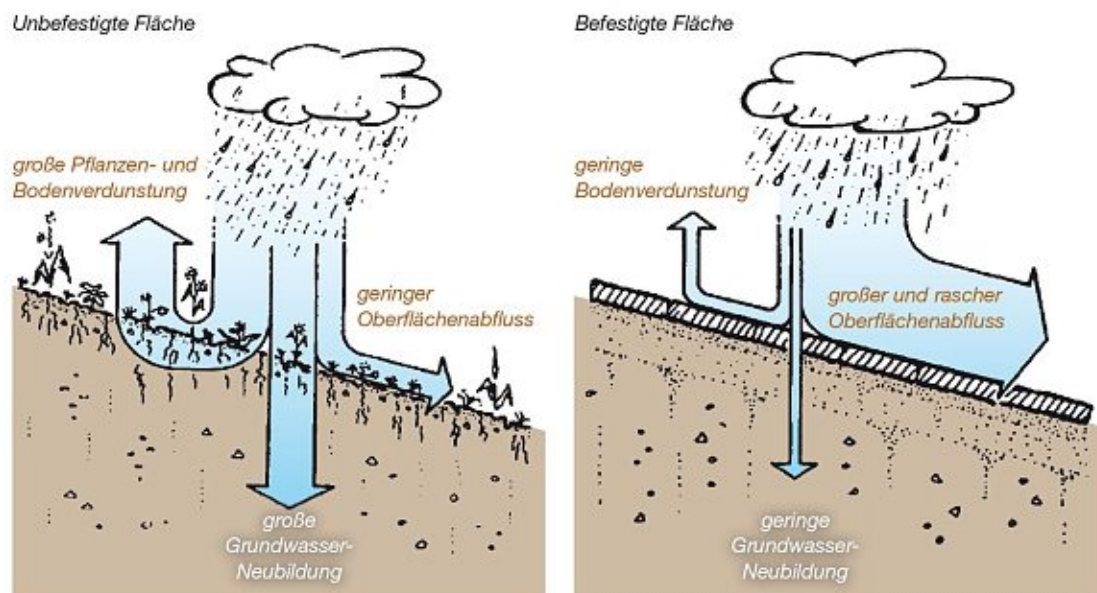
Abbildung 6.1 stellt zum einen eine unbefestigte (links) und zum anderen eine befestigte (rechts) Fläche dar. Die naturbelassene unbefestigte Oberfläche wird hier durch jene einer Wiese repräsentiert. Befestigte Flächen sind unter anderem durch Asphalt, Beton und anderen versiegelnde Materialien vertreten. Im direkten Vergleich sind den beiden Abbildungen 3 wesentliche Unterschiede zu entnehmen. Da sich Pflanzen positiv auf die Bodenverdunstung auswirken, ist diese bei unbefestigten Flächen deutlich stärker als bei befestigten. Versickerung und daraus entstehende Grundwasserneubildung verhält sich ebenso wie die Bodenverdunstung. Da die Oberfläche bei Befestigungen (beinahe) versiegelt wird, kann das Niederschlagswasser nicht versickern. Betrachtet man eine lockere unbefestigte Oberfläche ist die Versickerung eines großen Teils der Niederschlagsmenge möglich. Da in Summe die Wassermenge der 3 verschiedenen Mechanismen in beiden Abbildungen die selbe ist, ergibt sich bei der befestigten Fläche aus den geringeren Teilen der Verdunstung und der Versickerung ein deutlich größerer Anteil infolge von Oberflächenabfluss [57].

Im Falle eines länger anhaltenden mäßigen Regenereignisses kann ein Hektar unversiegelter Untergrund ca. 2000 Kubikmeter Wasser speichern. Flächenversiegelung hat unabhängig vom steigenden Oberflächenabfluss und dem daraus folgenden erhöhten Hochwasserrisikos auch noch weitere schlechte Auswirkungen, wie zum Beispiel den Verlust der biologischen Funktion, den Verlust der Produktivität, die Gefährdung der biologischen Vielfalt, den Verlust der Staubbildung und Hitzeeffekte [58].

In Österreich errechnet sich, anhand der Grundstücksdatenbank eingetragenen Flächeninanspruchnahme, ein Versiegelungsgrad von 41,2 Prozent der Flächen, welche als Siedlungs- und Verkehrsflächen deklariert sind. Im Zeitraum von 2001 bis 2018 stieg der Grad an Neuversiegelungen um 24 Prozent, wobei sich die Zunahme seit 2017 stabilisiert hat [58]. Verglichen mit den anderen Ländern im mitteleuropäischen Raum hat Österreich den geringsten Grad an Bodenversiegelung. Die höchsten Prozentsätze sind in Belgien und Niederlande zu finden, gefolgt von Deutschland und Luxemburg [59].



Abbildung 6.1.: Unterschiedlicher Einfluss von befestigten und unbefestigten Flächen auf den Wasserkreislauf [9]



## 6.2. Sammeln von Wasser in Versickerungsanlagen

In Abhängigkeit von hydraulischen, hydrogeologischen und geomechanischen Verhältnissen des Untergrundes, kann von Professionisten eine Beurteilung zur Wirksamkeit der geplanten Versickerungsanlage durchgeführt werden. Sämtliche der durch die Anlage veränderten Strömungsverhältnisse des Untergrundes, die vorgesehene Nutzungsdauer und die zuvor ermittelten Untergrundparameter haben Einfluss auf die Bemessung dieser. Je nachdem welche Art von Versickerungsanlage in Planung steht, muss projektbezogen auf die den Methoden der Untergrunderkundung eingegangen werden. Untergrundverhältnisse wie spezielle Gesteinsformationen, richtungsabhängige Schichtungen, wasser- sowie strömungsabhängiges Material-, Trag- oder Festigkeitsverhalten, Sättigungsgrad des Untergrundes im Vorfeld und weitere, können maßgebliche Einflüsse auf das Versickerungsvermögen haben. Im Falle solcher speziellen Vorkommnisse, müssen zusätzliche Untersuchungen angeordnet werden.

Grobe Abschätzungen zum Versickerungsvermögen sind anhand der geologischen Gesteins- bzw. Bodenklassifizierungen möglich. Um im Vorfeld ohne jegliche Untergrunderkundung Aussagen darüber treffen zu können, sollten geologische Karten hinzugezogen werden. In Tabelle 6.1 werden Grenzwerte der Durchlässigkeitsbeiwerte und Sickergeschwindigkeiten für Lockersedimente aufgelistet. An den Zahlen der Durchlässigkeitsbeiwerte und der Sickergeschwindigkeit ist zu erkennen, dass kiesige und sandige Böden ein deutlich besseres Versickerungsvermögen besitzen, als schluffige und tonige [11].

Eine übersichtliche bildliche Darstellung sämtlicher grundlegender Bodenparameter der landwirtschaftlich nutzbaren Böden wird anhand der digitalen Österreichischen Bodenkarte eBOD unter dem Link: <https://bodenkarte.at> gebührenfrei angeboten. Kategorien wie Bodentyp sowie Ausgangsmaterial, Bodeneigenschaften (Wasserverhältnisse, Durch-

Tabelle 6.1.: Durchlässigkeitsbeiwert und Sickergeschwindigkeit für Lockersedimente [11]

Bodenart	Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]	Sickergeschwindigkeit $v_f$ [mm/min] *
Kies	$10^{-1}$ bis $10^{-3}$	6000 bis 60
sandiger Kies	$10^{-3}$ bis $10^{-4}$	60 bis 6
Mittelsand	$10^{-3}$ bis $10^{-5}$	60 bis 0,6
Humus	$10^{-4}$ bis $10^{-6}$	6 bis 0,06
schluffiger Sand	$10^{-5}$ bis $10^{-7}$	0,6 bis 0,006
Schluff	$10^{-6}$ bis $10^{-9}$	0,06 bis 0,000'06
toniger Schluff	$10^{-7}$ bis $10^{-11}$	0,006 bis 0,000'000'6

\* Werden die Werte nicht durch Sickerversuche ermittelt, sind sie zu halbieren.

Tabelle 6.2.: Durchlässigkeitsbeiwert und Sickergeschwindigkeit nach eBOD [11]

Legende in eBOD	Durchlässigkeitsbeiwert $k_f$ [m/s]	Sickergeschwindigkeit $v_f$ [mm/min] *
0 - nicht beschrieben		
1 - sehr gering	$< 10^{-8}$	$< 0,0006$
2 - sehr gering bis gering	$10^{-8}$	0,0006
3 - gering	$10^{-7}$	0,006
4 - gering bis mäßig	$10^{-6}$	0,06
5 - mäßig	$10^{-5}$	0,6
6 - mäßig bis hoch	$10^{-4}$	6
7 - hoch	$10^{-3}$	60
8 - hoch bis sehr hoch	$10^{-2}$	600
9 - sehr hoch	$> 10^{-2}$	$> 600$

\* 1 mm/min entspricht 1 l/(min.m<sup>2</sup>)

lässigkeiten, Humusformen), Bodenkennwerte des obersten Horizonts, Bodenwertigkeit (für Ackerbau), Nitrat oder Feldkapazität und andere können per Mausclick ausgewählt werden. Diese werden in der topographischen Karte des Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Abhängigkeit von deren Eigenschaften farblich dargestellt und in passenden Legenden erklärt [27].

In Tabelle 6.2 wird die Bodenklassifizierung der in eBOD verwendeten Legende für Durchlässigkeitsbeiwerte und Sickergeschwindigkeiten dargestellt. Für eBOD repräsentative Abbildungen von der im Kapitel 2.2 durchgeführten Bestandsaufnahme des Naturgefarenevaluierungsobjekts, sind im Anhang A zu finden.

Sämtliche Erkenntnisse aus den in etwa 1 Meter tiefen Profilen, stellen nur eine Näherung für erste Abschätzungen von Durchlässigkeiten dar, ersetzen jedoch nicht die Bodenuntersuchungen durch Fachpersonal [27].

Abhängig von der Durchlässigkeit des Bodens und den im Untergrund befindlichen Locker- und Festgesteinsformen wird die Versickerung der durch Niederschlag entstandenen Oberflächenabflüsse maßgeblich beeinflusst. Die in diesem Kontext wichtigste Bo-

denschicht ist jene, die sich oberhalb des Grundwasserspiegels befindet und ungesättigt bzw. teilweise gesättigt ist. Beim Austausch oder beim zusätzlichen Auftrag von Humus-Schichten ist zu beachten, dass für die Bemessung jene Durchlässigkeitsbeiwerte herangezogen werden müssen, die der neue Oberboden aufweist. Im Hinblick auf die Errichtung von Entwässerungsanlagen ist der Untergrund in größeren Tiefen ebenso von Bedeutung. Probleme können besonders bei wasserstauenden und durchlässigen Untergrundschichtungen in Wechselfolge entstehen. Der vorgesehene Sickerraum einer Versickerungskonstruktion kann infolge der an Hängen unterirdisch abfließenden Schichtgewässer bereits gesättigt sein, wodurch es zum Rückstau kommen kann [11].

Große natürliche Humusschichten mit starker Durchwurzelung beeinflussen das Wasseraufnahmevermögen positiv und übernehmen die Funktion eines natürlichen Reinigungsmediums [9].

Grundsätzlich gilt, je weniger Wasser mittels Versickerung im Boden und durch Pflanzen aufgenommen werden kann, desto mehr Retention ist erforderlich. Diese bewerkstelligt eine Zwischenspeicherung des anfallenden Wassers, um es in späteren trockeneren Perioden im Boden zu versickern und via Verdunstung an die Atmosphäre abzugeben. Die Retention ermöglicht es einen Großteil des am Grundstück anfallenden Regenwassers im natürlichen Wasserkreislauf abzubauen. Jene überschüssigen Mengen an Wasser, die nicht am Grundstück zurückgehalten werden können, müssen in den Vorfluter eingeleitet werden. Retentionseinrichtungen jeder Art erreichen eine Entlastung von Abflussspitzen. Da im dichten Siedlungsgebiet große Wassermengen anfallen und im Starkregenfall Vorfluter, als auch in weiterer Folge Kläranlagen, überlastet werden, sollte der Grundgedanke des natürlichen Wasserkreislaufes mehr in die Entwässerungsplanung miteinbezogen werden. Dies ist meist nur bei der Planung eines umfassenden Entwässerungskonzeptes für ein gesamtes Siedlungsgebiet realisierbar. Eine interdisziplinäre Projektentwicklung ist gefordert, zeitgleich in ständiger Zusammenarbeit zu agieren, um die gegebenen Vernetzungen planmäßig zu verknüpfen. Die Erhaltung und Wiederherstellung von natürlichen Wasserkreisläufen bringt eine starke Verbesserung der durch Starkregen entstehenden Problematik mit sich [57].

Ein Mulden-Rigol stellt eine mögliche naturbelassene Entwässerungsform am Grundstück dar. Oberflächiger Abfluss aus versiegelten Flächen bzw. durch Starkregenereignissen wird mithilfe der Geländegestaltung in die Mulde eingeleitet. Diese bietet Raum zur Retention für den Teil der angefallenen Wassermenge, die nicht unmittelbar über den Sickerkörper versickern kann. In vielen Ausführungsvarianten ist ein Sickerrohr in den Schotterkörper mit eingesetzt, um das gesicherte Abführen in den Vorfluter, bei Überlastung der Entwässerungsanlage, zu gewährleisten. Mulden-Rigole kommen vor allem in dicht bebauten Siedlungsgebieten mit Platzmangel und bei wenig versickerungsfähigem Untergrund zur Anwendung [9].

Es gibt zahlreiche andere Möglichkeiten zur Ausführung von naturnahen Entwässerungsanlagen, wie Versickerungsbecken, Rigol-Versickerung, Retentions- und Drosselbecken und mögliche Kombinationen dieser, auf welche jedoch in dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird. Im >Leitfaden für Naturnahe Oberflächenentwässerung für Siedlungsgebiete< vom Land Niederösterreich [9] werden einige dieser in Bild und Wort dargestellt und deren Anwendungsgebiete näher ausgeführt.

### 6.3. Geländegestaltung

Ein großer Vorteil eines Neubaus gegenüber einem Bestandsgebäude ist die Wahl des Standortes. An der Lage eines bestehenden Objektes in problematischen Oberflächenwasserzuflussgebieten kann oft nichts mehr geändert werden. Beim Neubau können im Gegensatz dazu schon bei der Standortwahl des Grundstücks örtliche Gegebenheiten des gewählten Baugrundes mit einbezogen werden. Mittlerweile gibt es zahlreiche Onlinenplattformen für die Grundinformationsbeschaffung über sämtliche Gefahrenpotentiale und Bodeneigenschaften flächendeckend für Österreich, welche bei der Grundstückswahl unbedingt herangezogen werden sollten. Diese digitalen Gefahren- und Informationskarten wurden bereits im Kapitel 2.2 angeführt und anhand des Naturgefarenevaluierungsbeispiels genauer erklärt. Da sich Wasser immer an Tiefpunkten sammelt, sollten Mulden- und Senkenlagen bei der potentiellen Grundstückswahl im Vorhinein ausgeschlossen werden. Hanglagen verschlechtern im Allgemeinen die Situation für oberflächenwassergefährdete Gebäude.

Wie in den Kapiteln 6.1 und 6.2 schon ausführlich erklärt wurde, können viele Probleme mittels der Begrenzung von Bodenversiegelung und der Begünstigung des natürlichen Wasserkreislaufs infolge von Retention und Versickerung am Grundstück, schon am Ursprung bekämpft werden. Die Planungsphase ist der richtige Zeitpunkt möglichen folgenden pluvialen Überflutungsgefahren entgegenzusteuern. Mit Hilfe der Geländegestaltung, insbesondere dem Anordnen von Böschungen und Gefällen vom Gebäude abfallend, wird dem Oberflächenwasserzufluss ein natürlicher Widerstand entgegengesetzt. Wird der Urzustand des Grundstückes im Zuge der Gebäudeerrichtung und der Geländegestaltung verändert, ist darauf zu achten, dass die dadurch entstandenen Oberflächenabflussbedingungen keine negativen Auswirkungen für geographisch niedriger liegende Nachbarn bzw. Siedlungsgebiete haben [5].

### 6.4. Bodenschwellen und -sockel

Wie im Kapitel 5.2.2 als Sanierungsverfahren beschrieben wurde, kann das präventive Ausführungsdetail des Hochziehens des Kellerschachtes über das Anschlussbodenniveau schon bei der Errichtung eines Neubaus angewandt werden. Im Unterschied zur Instandsetzung ist die Kompatibilität bei der richtigen Wahl der im Kellerschachtsystem verwendeten Aufsatzelemente planungsbedingt gegeben. Aufgrund der Flexibilität des ersten Elementes, welches von 8 bis 33 Zentimeter verstellbar ist, wird bei sachgemäßer Ausführung die notwendige Maßgenauigkeit bei der Herstellung eines Kellerschachtsockels erzielt. Der tragfähige Betonkranz, welcher um die Aufsatzelemente betoniert wird, kann überflur ebenfalls als Gestaltungsuntergrund für Platten, Beschichtungen, etc. dienen [50], [5].

Grundsätzlich ist bei Neubauten der Verzicht auf Kellerfenster ebenfalls eine sehr zuverlässige Variante, um diese wassereintrittsgefährdete Gebäudestelle zu vermeiden. Da mittels Lichtschächten grundsätzlich kaum Licht in Kellerräume gelangt, sind diese oft verzichtbar. Die zweite Funktion von Kellerfenstern und Lichtschächten ist jene der Luftzufuhr. Die im Zuge der Gebäudeinstallation einer Neuerrichtung erstellten Lüftungssysteme können diese Funktion ebenfalls bewerkstelligen. Sollte diese Variante in Betracht gezogen werden, ist dies sehr bald in der Entwurfs- bzw. Planungsphase miteinzubezie-

Tabelle 6.3.: Mindestabflusswerte für Bodenabflüsse [12]

Nenngröße des Auslaufstutzens*		Bodenabläufe ( $q_{Rost}$ )	
DN/OD [mm]	DN/ID [mm]	Mindestabflusswert [l/s]	Stauhöhe h [mm]
32		0,4	20
	30	0,4	
40		0,6	
	40	0,6	
50		0,8	
	50	0,8	
63		0,8	
75		0,8	
	70	0,8	
	75	0,8	
90		0,8	
100		1,4	
	100	1,4	
110		1,4	
125		2,8	
	125	2,8	
	150	4,0	
160		4,0	

\* Alle in dieser Tabelle nicht aufgeführten Maße müssen mit dem nächst höheren Maß geprüft werden

hen [6].

Die im Kapitel 5.6 genau ausgeführte Sanierungsmaßnahme eines außenliegenden Kellerabganges kann im Zuge eines Neubaus direkt in die Planung miteinfließen, um Sicherheit gegen pluviale Überflutungen zu bieten. Hierbei ist es ebenfalls wichtig, dass die Ausführungsvariante des Sockels höher als das Rückstauniveau am Anschlussgelände ausgebildet wird [5].

Bei der Planung eines Neubaus sollte evaluiert werden, ob eine Außentreppe in den Keller unbedingt notwendig ist. In vielen Gebäuden werden diese nur zum Transport von Gartengeräten, Rasenmäher, ect. errichtet, was die teure fachgerechte Herstellung meist nicht rechtfertigt. Kleine Nebengebäude für derartige Maschinen können diese Detailausbildung der potentiellen Wassereintrittsstelle umgehen und oft auch deutlich günstiger ausfallen lassen [6].

Oberkanten von Schächten, wie Lichtschächte oder Lüftungsschächte und Kelleraußentreppe sollten grundsätzlich mindestens 10 bis 15 Zentimeter höher, als das dazu anschließende Geländeniveau ausgeführt werden. Ist in Ergänzung zu den oben angeführten Ausführungen eine Überdachung angebracht, wirkt sich dies aufgrund des direkten Regenschutzes zusätzlich mindernd auf das Wasserdargebot aus [5].

## 6.5. Wasserableitungssysteme in richtiger Dimension

Dimensionierungen von sämtlichen Bodenabflüssen bei nicht-drückendem Wasser sind nach ÖNORM EN 1253-1: 2015 zu berechnen und auszuführen. Diese Norm beinhaltet unter anderem die Tabelle 6.3, welche die Mindestabflusswerte für Bodenabflüsse angibt [60].

Der in einem Lichtschacht an der Unterseite sitzende Entwässerungsanschluss, der in

der Regel mit Schmutzsieb, Rückstauverschluss und Geruchsverschluss ausgeführt ist, wird an Abwasserrohre der Dimensionen DN 60 bis DN 100 angeschlossen [61]. Eingesetzt in Tabelle 6.3 ergeben die genannten Nenngrößen Mindestabflusswerte von 0,8 bis 1,4 Liter pro Sekunde. Oberflächenabflüsse, welche im Rahmen der Naturgefahrenbewertung des Kapitels 2.2 anhand einer Abflusssimulation ermittelt wurden, entsprechen zur Konzentrationszeit etwa 1170 Liter Wasser pro Sekunde, die auf das Gebäude bzw. auf die 4 gefährdeten Kellerfenster einwirken. Werden diese Abflusswerte, des in einem Lichtschacht sitzenden Entwässerungsanschlusses, mit jenen Werten des Oberflächenabflusses verglichen, so kommt man zum Schluss, dass unabhängig von der Dimension der Rohre nicht annähernd genügend Wasser abgeführt werden kann.

Lichtschachtentwässerungen sind lediglich für kleinere Mengen an Wasser dimensioniert, daher wird seitens der Hersteller zu einer Gefälleausbildung vom Lichtschacht bzw. einer Überhöhung der Lichtschachtoberkante gegenüber dem Anschlussgelände geraten [61].

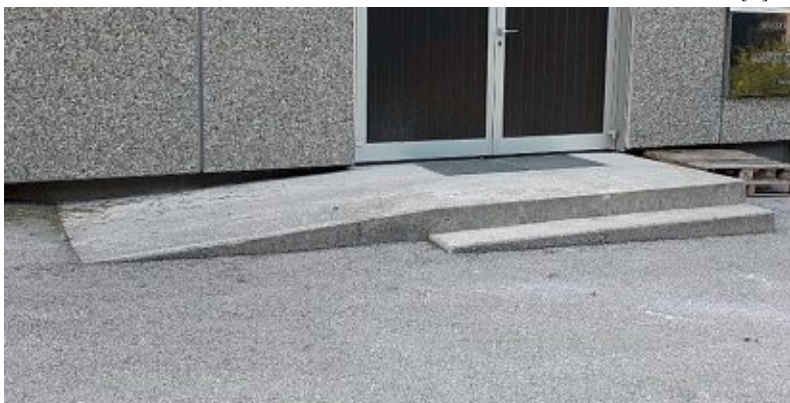
Garageneinfahrts-Rigole wie beispielsweise solche die im Kapitel 5.7.1 bei einer tief liegenden Garageneinfahrt mit Rampe benötigt werden, können ebenfalls nach der in Tabelle 6.3 dargestellten Auflistung der ÖNORM EN 1253-1: 2015 bemessen werden. Die Norm enthält Kennwerte und Vorgaben zur Maschenweite und Breite des Gitterrostes.

Da bei über Rampen abfließendem Wasser hohe Fließgeschwindigkeiten entstehen, sollte eine Mindestbreite von 150 Millimeter eingehalten werden. Auch wenn abflussbegünstigende Einlaufroste wie Maschen-, Gitter- oder Längsstabroste eingesetzt werden, dürfen keine zusätzlichen Wassermengen, wie beispielsweise solche einer angrenzenden Straße, eingeleitet werden. Jene Mengen aus externen Regenwasserabflüssen überlasten die Kapazitäten eines für eine Rampe dimensionierten Rigolabfluss bei weitem [5].

Anhand der hier angeführten Beispiele ist zu erkennen, dass jegliche Bodenabflüsse nicht für die Wassermengen eines durch ein Starkregenereignis hervorgerufenen Oberflächenabflusses dimensioniert sind. Diese Erkenntnis bekräftigt ein weiteres Mal die Wichtigkeit der Geländegestaltung um das Gebäude. Es sollten nur die Wassermengen von Flächen der eingeplanten Dimension über Rohrabflüsse abgeführt werden, die nicht durch naturbelassene Versickerungsanlagen abgeführt werden können [9].



Abbildung 6.2.: Höhergelegte Eingangstüre mit Rampe [5]



## 6.6. Höhergelegte Eingangstüren

Aufgrund des Trends Neubauten völlig barrierefrei zu errichten, entstehen neue Probleme mit dem Thema Oberflächenwasser. Da die Erschließbarkeit von Eingangstüren mittels mehrerer Stufen veraltet ist, sollte auf neue Erschließungsmöglichkeiten zurückgegriffen werden. Sämtliche völlig ebenerdige bzw. sich in der Rückstauenebene befindlichen Gebäudeöffnungen sind zu vermeiden, da diese leichter von aufgestauten Oberflächenwässern erfasst werden. Eine gute Möglichkeit die Barrierefreiheit und die Hochlegung der Türöffnung zu erreichen wird in Abbildung 6.2 dargestellt. Die Unterkante der Türöffnung befindet sich aufgrund der beiden Stufen deutlich oberhalb der Rückstauenebene des normalerweise anfallenden Oberflächenwassers. Zugleich ist die Barrierefreiheit mit der Hilfe einer seitlich angebrachten flachen Rampe gewährleistet [5].

## 7. Kostenvergleich: präventive Schutzsanierung vs. nachträgliche Schadensanierung

Im Kapitel 2.2 wurde das repräsentative Gebäude in Oberösterreich im Zuge der Naturgefahrenrevaluierung ausführlich erklärt und bildlich dargestellt. Aufgrund der Oberflächenwassersimulation des EPZ Linz und sehr genauer Daten zum Oberflächenwasserabfluss des Siedlungsgebietes, sowie des für die Errichtung des Gebäudes vorgesehene Grundstückes, wird dieses Gebäude als Kostenvergleichsbeispiel herangezogen.

Wie schon im Kapitel 2.2 erwähnt wurde, befinden sich sämtliche der Naturgefahrenrevaluierung und des Kostenvergleichs betreffenden Unterlagen im Anhang A.

Der Kostenvergleich beinhaltet auf der einen Seite die präventive Sanierung des Bestandsgebäudes, um mögliche künftige pluviale Hochwässer mehr oder weniger schadenfrei zu überstehen. Durch hochtechnologische Verfahren, die im Kapitel 5 genauer erklärt wurden, kann die Kelleraußenschale samt allen Einbauten wasserdicht gemacht werden und somit pluvialen Hochwässern standhalten.

Auf der anderen Seite des Vergleiches befindet sich die bewusste oder unbewusste Entscheidung gegen eine präventive Sanierung. Folge dieser Inkaufnahme des Schadenspotenzials durch Starkregenereignisse und daraus entstehenden Oberflächenabflüssen, ist das Eindringen von Wasser in den Keller. Die erforderliche Schadenssanierung beinhaltet das Abpumpen des Wassers, das Entsorgen sämtlicher durch das Wasser zerstörter Gegenstände und Konstruktionselemente, das Reinigen und Entfeuchten der intakten Kellerstruktur und die Wiederherstellung des ursprünglichen baulichen Kellerzustandes in ähnlicher Qualität. Zusätzlich müssen die variablen Verluste der im Keller aufbewahrten Lagergüter, Möblierung und Wertgegenstände, die durch die Wassereinwirkung unbrauchbar werden, mit eingerechnet werden.

### 7.1. Szenario

In den nachfolgenden Absätzen wird anhand der Einreichpläne das fiktive Szenario sowohl bildlich als auch in Worten dargestellt, wodurch ein grundlegender Eindruck zum Gebäudezustand bzw. zu den -gegebenheiten geschaffen werden soll. Da bei einem Neubau ohnehin sämtliche bauliche Maßnahmen im Vorhinein getroffen werden können, wäre dies ein schlechtes Beispiel für eine präventive Sanierung. Um diese vorbeugende Hochwasserschutzsanierung realistisch darzustellen, wird das Errichtungsdatum des Gebäudes auf das Jahr 1995 gesetzt.

Wie schon im Kapitel 2.2 erwähnt ist die grundstücksumschließende Gartenmauer nicht als externes Oberflächenwasserableitungselement anzusehen. Diese wird lediglich zur Begradigung des Grundstücksgeländes errichtet. Der flussähnliche Oberflächenwasserabfluss

überwindet die 10 bis 20 Zentimeter hohe Geländeausgleichsmauer oder sammelt sich an der Südseite an und überwindet jene Mauer auf diese Weise.

Sämtliche Dimensionierungen der Fundierung und der Wandaufbauten sind dem Schnitt A-A bzw. dem Schnitt B-B des Einreichplanes zu entnehmen. Die Kellerfensteroberkante ist wie im Schnitt A-A dargestellt, mit 25 Zentimeter unter der Kellerrohdeckenunterkante festgelegt. In der Nordansichten kann festgestellt werden, dass sich das Kellerfenster neben der Gebäudeaufgangstreppe nicht unter dem Anschlussgeländeniveau befindet. Die anderen sechs Kellerfenster befinden sich bis zu einem Maximalwert von 1,45 Meter (bei den 100/100 Zentimeter großen Kellerfenstern der Luftwärmepumpe im nordöstlichem Eck) unter Geländeoberkante (GOK). Den Ansichten und dem Schnitt B-B kann entnommen werden, dass die Garage, welche sich auf der westlichen Seite des Hauptgebäudes befindet, ein Halbgeschoß tiefer gelegen ist. Im Grundriss des Erdgeschoßes ist eine 5-prozentige Steigung von der öffentlichen Straße zur Garage hin eingezeichnet, was auch in der Nordansicht erkennbar ist. Dieses steigende Gefälle der Garageneinfahrt entlang bis zur Garage selbst ist sehr günstig für den Oberflächenwasserabfluss vom Gebäude weg. Durch das zur Garagenmitte hin verlaufenden Gefälle (siehe Erdgeschoßgrundriss), sollte genügend Auffangvolumen vorhanden sein, um die, in die Garage eintretende, Wassermengen temporär aufnehmen zu können. In Extremfällen kann das Wasser durch den Geräteraum an der südlichen Seite der Garage über die Treppe in den Keller gelangen. Zusammengefasst sind die voraussichtlichen Wassereintrittspunkte in das Gebäude daher die sechs Kellerfenster unter der GOK. Aufgrund der Geländegestaltung um das Gebäude, welches in den Ansichten ersichtlich ist, sind lediglich die 4 markierten Kellerfenster (rote Umkreisung im Kellergeschoß-Grundriss) von der Flutungsgefahr eines Oberflächenabflusses betroffen. Summiert man die 1,45 Meter Abstand, vom tiefsten Punkt des Kellerfensters zur Geländeoberkante, mit den 0,55 Metern, des im Zuge der Oberflächenwasserabflusssimulation im Kapitel 2.2 ermittelten maximalen Wasserpegelstandes, so ergibt sich die maximale Einstauhöhe auf die Kellerfensterunterkante von 2,00 Meter. Wasserdrücke, welche zufolge dieser hohen Einstauhöhe entstehen, können von den wenigsten Kellerfenstern schadlos und ohne Wassereintritt standgehalten werden. In den empirischen Kellerfenstereinstauversuchen im Kapitel 8 werden vergleichsweise minderwertige Kellerfenster, die im Normalfall in älteren Gebäuden verbaut sind, untersucht.

## 7.2. Präventive Schutzsanierung

Um eine repräsentative präventive Sanierung am fiktiven Gebäude darzulegen, wurde seitens der Fa. Rascor Abdichtungen GmbH in Wien eine Kostenzusammenstellung, der von meiner Seite geforderten Instandsetzungsmaßnahmen, erstellt. Die dem Anhang A enthaltende Tabelle mit dem Namen „SCHUTZSANIERUNG - Fa. Rascor“ enthält ein Kurzleistungsverzeichnis mit abdichtenden Injektionsarbeiten und dem Ersetzen der Bestandsfenster durch Hochwasserschutzfenster. Die Gesamtsumme der präventiven Schutzsanierung beläuft sich auf den Betrag von 11.460 Euro.

### 7.3. Schadensanierung

Schäden an Fußböden, Wänden und Decken hängen zum Großteil von deren Nässeempfindlichkeit ab. Bestimmte Materialien neigen dazu große Mengen an Wasser zu absorbieren, welche diese damit oftmals unbrauchbar machen. Wenn das Gegenteil der Fall ist und beispielsweise der Boden wasserundurchlässig ist, kann durch Fugen eingetretenes Wasser nicht mehr aus der Zwischenschicht von Rohbeton und Bodenkonstruktion verdunsten. In beiden Fällen ist eine Sanierung des Bodenaufbaus durchzuführen [20].

Kommt man nun auf das Gebäude des Kostenvergleiches zurück, müssen sehr viele Kostenfaktoren in die Sanierung miteinbezogen werden. Das Brand- und Wasserschadenssanierungsunternehmen Mibag stellte zur Abschätzung der Instandsetzungskosten ein Leistungsverzeichnis (LV), welches in Absprache mit einer Versicherung erstellt wurde, zur Verfügung. Mit Hilfe eines Mitarbeiters der Firma Mibag wurden in Anlehnung an das Schadensszenario erforderliche Sanierungspositionen des Leistungsverzeichnisses herausgesucht und zusammengefügt. Das für den Kostenvergleich neu erstellt LV ist im Anhang A zu finden und trägt den Namen >Schadenssanierung Fa Mibag (inkl. Subunternehmen)<. Es beinhaltet alle Arbeiten, die am schadhaften Gebäude durchgeführt werden müssen, sowie Einbauten, die zu ersetzen oder zu sanieren sind, um den Urzustand wieder herzustellen. Sämtliche Mengenangaben wurden anhand des Szenarios abgeschätzt bzw. der Tabelle >Kelleraufnahme<, welche im Anhang A beigelegt ist, entnommen. Die Summe der Instandsetzungskosten beläuft sich auf rund 18.250 Euro. Was im Leistungsverzeichnis jedoch nicht enthalten ist und ebenfalls einen großen Anteil am Gesamtschaden ausmacht, ist der Schaden an den Einrichtungsgegenständen. Da die Einrichtung in Kellern stark variiert, wurde zur Kostenerhebung ein durchschnittlicher repräsentativer Keller mit Partyraum herangezogen. Eine Kostenaufstellung der Gegenstände und Einrichtungsgüter, die bei einer Kellerflutung zerstört bzw. schadhaft werden, ist der Tabelle >Einrichtung< im Anhang A beigelegt. Für die Kostenabschätzung der einzelnen Gegenstände wurden günstige bis mittelklassige Produkte in den Onlineshops von Baumärkten, Möbel- und Elektronikgeschäften herausgesucht. Die Summe dieser Aufstellung beläuft sich auf 9.800 Euro. Zu beachten ist, dass hierbei nur ein Wärmepumpenservice mit eingerechnet ist. Eine irreparable Wärmepumpe oder eine mögliche kaputte Energiespeicherzelle, welche für den erzeugten Strom einer Photovoltaikanlage benötigt wird, würden diese Kosten um mehrere Tausend Euro anheben.

Um eine Schadenssanierung direkt mit einer präventiven Schutzsanierung vergleichen zu können, muss die Naturereignisversicherungssumme der Haushaltsversicherung mit einbezogen werden. Die Haushaltsversicherung samt den Versicherungssummen wird im folgenden Kapitel erläutert.

### 7.4. Haushaltsversicherung

Um eine Schadensanierung direkt mit einer präventiven Schutzsanierung vergleichen zu können, muss vom Schadenssanierungsbetrag die Deckungssumme der Versicherung abgezogen werden. Laut P. Mayr beinhalten Deckungsbeträge Schäden durch Hochwasserereignisse und werden in folgende 2 Teilgebiete gegliedert:

1. Mit dem Gebäude fest verbundene Teile und das Gebäude selbst (Gebäudekonstruktion)

## 2. Gebäude-Inhalte (Einrichtung)

Nach einem Hochwasserereignis wird der Gebäudeschaden seitens eines von der Versicherung beauftragten Gutachters beurteilt. Schadhafte Gebäudeteile und Einrichtungsgegenstände werden mit Hilfe eines elektronischen Tools zahlenmäßig evaluiert. Alle Gegenstände, die im Zuge des Hochwasserereignisses mangelhaft wurden, werden nach ihrem Neuwert beurteilt und summiert. Versicherungen kommen für den Betrag aller Schäden bis zur Deckungssumme auf. Dies bedeutet, dass jegliche Schadenskosten die die Deckungssumme übersteigen vom Versicherungsnehmer selbst zu tragen sind [62].

Um die Versicherungssummen der beiden Teilgebiete evaluieren zu können, werden jene Werte von zwei repräsentative oberösterreichische Versicherungen herangezogen und verglichen. Die beiden Versicherer befinden sich in etwa in der selben Preisklasse.

Laut T. Aichhorn deckt die Allianzversicherung bei einer Standardversicherung eines Einfamilienhaushaltes Schadenssummen bis 5.000 Euro im ersten und 5.000 Euro im zweiten zuvor genannten Teilgebiet. Lediglich bei einer Premiumdeckung, welche eine deutlich höhere jährliche Versicherungsprämie ausmacht, können bis zu maximal 50 Prozent der Schäden zufolge Hochwasserereignissen versichert werden [63].

Die Oberösterreichische Versicherung deckt, laut dem Interview mit Herrn M. Pree, bei einer üblichen repräsentativen Haushaltsversicherung eines Einfamilienhauses bei Gebäudeschäden bis zu 7.500 Euro und bei Einrichtungsschäden maximal 6.000 Euro. Luxusgüter, wie ein außenliegendes Pool oder eine Fotovoltaikanlage heben, im Falle einer Mitversicherung, die Kosten der Berechnungsgrundlage für die Versicherungsprämie an [64].

Versicherungen sichern sich selbst mit gewissen Vertragsklauseln gegen Mehrkosten durch menschliche Gebrechen und Fahrlässigkeit des Versicherungsnehmers ab. Es ist zu beachten, dass sowohl bestehende als auch neu errichtete Gebäude in der roten Zone der Hochwassergefahrenkarten nicht gegen Hochwasserschäden versichert werden [62]. Sollte herausgefunden werden, dass bei einem Hochwasserereignis ein Fenster geöffnet war und somit das Gebäude widerstandslos geflutet werden konnte, so gilt dies als fahrlässig und es kommt zu keinen Versicherungszahlungen [64].

## 7.5. Ergebnisse

Verwendet man nun die höheren Deckungssummen der Haushaltsversicherung (Oberösterreichische Versicherung) aus dem Kapitel 7.4 und zieht diese von den Kosten der Schadenssanierung bzw. der Einrichtungsschäden ab, so kommt man auf folgende Ergebnisse der Schadenssanierung, welche vom Gebäudebesitzer selbst zu tragen sind:

1. Gebäudekonstruktion:  $18.250 \text{ €} - 7.500 \text{ €} = 10.750 \text{ €}$
2. Einrichtungskosten:  $9.800 \text{ €} - 6.000 \text{ €} = 3.800 \text{ €}$

In Summe belaufen sich die Schadensfolgekosten, die im Zuge der Schadenssanierung errechnet wurden und vom Besitzer selbst zu tragen sind, auf 14.550 Euro. Vergleicht man diesen Betrag nun mit jenem der im Kapitel 7.2 anhand der Präventiven Schutzsanierung errechneten wurde, so kommt man zum Schluss, dass sich letztere schon beim ersten Schadensfall mit starken Oberflächenabfluss rentiert. Da die Präventive Schutzsanierung

des Evaluierungsgebäudes lediglich 11.460 Euro ausmacht, würde diese um 3.090 Euro weniger Kosten verursachen, als die einer Schadenssanierung inklusive der Einrichtungsschäden und abzüglich der Versicherungsdeckungssummen. Lässt man die Zahlen einmal bei Seite, so sind die Benützungsunfähigkeit der Kellerräumlichkeiten für einen gewissen Zeitraum, sowie die mit der Sanierung und der Ersetzung der zerstörten Wertgegenstände verbundenen Aufwand, noch erschwerende Umstände.

Da im Szenario des Kostenvergleichsgebäudes ein Partyraum und einige teure Maschinen mit eingerechnet sind, ist der Vergleich nur für Bauwerke mit ähnlichem Einrichtungsumfang repräsentativ. Sind in einem Keller kaum Wertgegenstände, würde sich die präventive Schutzsanierung vermutlich erst bei den verhinderten Schäden mehrerer Oberflächenabflussereignisse auszahlen.

Folgende Schäden, welche im Kostenvergleichsbeispiel nicht enthalten sind, könnten den Preis einer Schadenssanierung deutlich erhöhen:

- Defekte teure Gerätschaften wie Energiespeicher für Photovoltaikanlagen oder Erdwärmepumpen
- Zerstörte Tragstrukturen der Wände zufolge des Quellens von nassen Pellets
- Aufschwimmen eines ungesicherten Öltanks [8]



## 8. Kellerfenstereinstauversuch

Dieses Kapitel beinhaltet die empirischen Kellerfenster-Wassereinstauversuche mit Hilfe des Wassereinstaurahmens des EPZ Linz. Der Versuchsaufbau simuliert einen durch Oberflächenwasser gefluteten Kellerfensterschacht. Aufgrund des großen Wasserzuflusses kann über den Ablauf an der Schachtunterseite nicht genügend abgeführt werden, wodurch sich das Wasser aufstaut. Im Zuge dieser Arbeit werden vor allem schlechte bis mittelklassige Kellerfenster zur Prüfung herangezogen, welche die repräsentativen Qualitäten der im Bestand verbauten Fenster, ausdrücken soll. Vor allem in Einfamilienhäusern sind häufig günstige Kellerfenster verbaut. Anhand der Wassereinstauversuche sollen Erkenntnisse über den Wasserdurchfluss durch die Fensterdichtung bei gewissen Pegelständen und mögliche Versagensarten bei Pegelhochständen gezogen werden. Die Versuchsaufbauten und Charakteristika der unterschiedlichen Prüfungen werden im Kapitel 8.2 erklärt.

Eine Einführung über den Aufbau und weiterführende Erklärungen zum Einstauversuchsrahmen werden im nachfolgenden Unterkapitel wiedergegeben.

### 8.1. Einstauversuchsrahmen

Abbildung 8.1 zeigt ein Foto des Einstauversuchsrahmens von vorne. Der Versuchsrahmen besteht aus einem Fahrgestell mit einem stabilisierenden Stahlrahmen (grün lackiertes Gestell) und einer senkrecht aufgesetzten wasserdichten Blechwanne, die in gewissen Abständen an der Rückseite mit Stahlrahmen ausgesteift ist. Das Fahrgestell wird zur Versuchsdurchführung entlastet und auf die vorgesehenen Stahlfüße gestellt. Als abschließendes Element an der Vorderseite des Stahlgestells mit Blechwanne wird im Normalfall (ift-Prüfrichtlinie) ein Beton- oder Stahlrahmen herangezogen, in dem das Fenster oder die Tür eingebaut werden kann. Da in der Prüfhalle kein Protalkran, sondern lediglich ein Stapler, zur Verfügung steht und der Ein- bzw. Ausbau bei einem Betonrahmen mit einem deutlichen Mehraufwand verbunden ist, wurde auf einen Holzrahmen ausgewichen. Die Holzschalung, in die das Kellerfenster eingesetzt wird dient als dichte Vorderseite für die Blechwanne. Um die Kontaktstelle zwischen Blechwanne und Holzschalung wasserdicht herzustellen, wird ein komprimierbares Elastomerdichtband in die am Stahlgestell angebrachten Einbettungsschiene, welche in den Ecken abgerundet ist, angebracht. Durch das Anpressen der Holzschalung an den Stahlrahmen dichtet das in einem durchgehende Elastomerdichtband vollständig ab.

Der Versuchsrahmen ist außerdem mit einigen technischen Einrichtungen ausgestattet. Unten an der Rückseite der Wanne befindet sich ein Einlass für die Befüllung, der über einen D-Schlauch (25 Millimeter Innendurchmesser) beschickt wird. Mittels eines Durchflussmessgeräts, welches über ein Computerprogramm gesteuert wird, kann die genaue Wasserfördermenge ermittelt werden. Diese Gerätschaft enthält außerdem ein Ventil, das die Dosierung regelt und bei Bedarf die Wasserförderung stoppt. Zusätzlich ist

Abbildung 8.1.: Einstauversuchsrahmen



in unmittelbarer Nähe des Einlasses eine Druckmessdose angebracht, die den genauen Wasserpegelstand am Monitor ausgibt.

Für den Versuchsrahmen wurde ein vollautomatisches Verlust-Wägesystem mit integrierter computergesteuerter Nachfüllung entwickelt. Dieses kann jedoch aufgrund der großen Wasserverluste der in diesen Versuchen getesteten Kellerfenster nicht angewendet werden. Zum einen ist der Wägemechanismus für eine sehr hohe Genauigkeit ausgelegt und zum anderen sind die Auffang- und Wägebehälter für geringere Wassermengen konzipiert. Für die in dieser Arbeit durchgeführten Versuche wird von den technisch-elektronischen Einrichtungen lediglich die Wasserdruckmessdose mit digitalem Output verwendet.

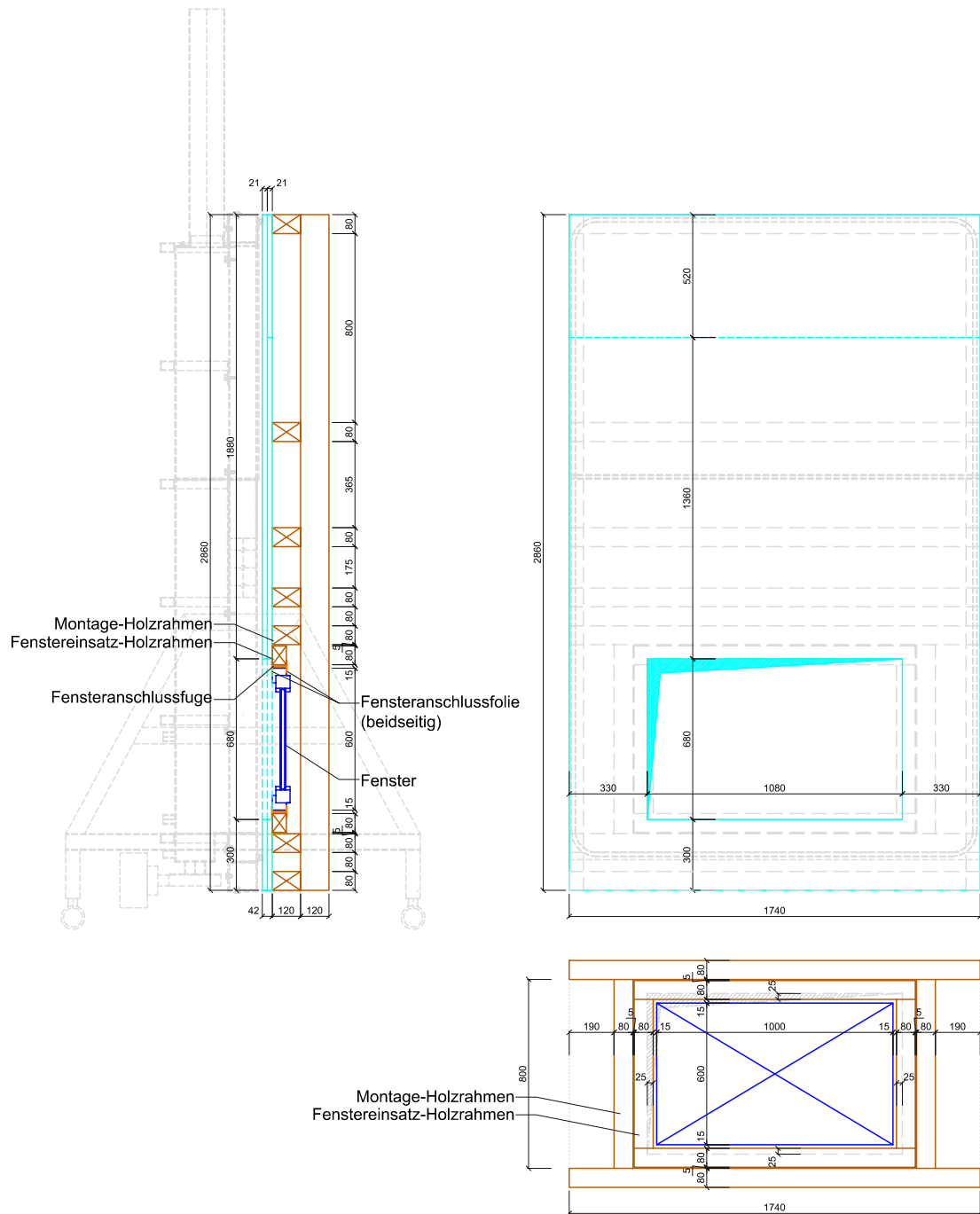
Der Versuchsstand sollte künftig in erster Linie zur Testung von Hochwasserschutz-Erzeugnissen, mit sehr geringen Wassereintrittsmengen, verwendet werden.

### 8.1.1. Holzschalungs-Herstellung

Die für den Versuch gefertigte Holzschalung besteht aus mehreren Bestandteilen, welche in Abbildung 8.2 abgebildet und bezeichnet werden. Der Schnitt durch die Holzschalung zeigt die Situierung jener am Stahlrahmen, welcher grau strichliert dargestellt wird. Die in Türkis abgebildete Großschalplatte bildet die dichte Schalungsebene. Die Großschalplatte (5200 x 2200 x 21 Millimeter) ist so zugeschnitten, dass sie, wie im Querschnitt dargestellt, doppelt verwendet werden kann. Die beiden Platten, inklusive einem Restzuschnitt, sind miteinander verleimt und mit 5 x 35 Millimeter Schrauben im Raster verschraubt, um als eine Verbundplatte zu wirken. Die der Blechwanne zugewandte Schalungsseite ist jedoch unversehrt und gewährleistet durch die gelbe Flächenbeschichtung die notwendige wasserdichte Eigenschaft. Die Schalung mit dem Maß 2860 x 1740 Millimeter ist exakt auf die Maße des Stahlrahmens mit Blechwanne angepasst. Mittig 30 Zentimeter vom unteren Ende der vereinigten Schalplatte ist ein Loch mit 680 x 1080 Millimeter ausgeschnitten. Direkt um das Loch befindet sich der Montage-Holzrahmen, welcher mit Schrauben im Abstand von etwa 12 Zentimeter direkt an der Doppel-Schalplatte an der Außenseite befestigt ist. Der Montage-Holzrahmen und die aussteifenden Querhölzer, die mit größer werdendem Abstand nach oben hin situiert werden, bestehen aus Konstruktionsvollholz mit der Dimension 120 x 80 Millimeter und werden stehend verbaut. Um die zuvor genannten aussteifenden Elemente zu verbinden wird jeweils am Rand eine stehende Konstruktionsvollholz-Längsstrebe derselben Dimension über die gesamte Höhe angebracht. Diese werden, wie in Abbildung 8.1 gut erkennbar ist, dazu verwendet, mit Hilfe von Schalzwingen und einem Hartholzbeilagebrett die gesamte Holzschalung an den Stahlrahmen anzupressen. Die Schalzwingen werden auf Höhe der Querriegel direkt unter bzw. über dem Schalungsloch und am oberen Ende des Versuchsstandes angebracht und gewährleisten somit die Pressung des umlaufenden komprimierbaren Elastomerdichtbandes.

Der Fenstereinsatz-Holzrahmen, welcher an allen 4 Seiten etwa 5 Millimeter kleiner ist als der Montage-Holzrahmen, dient als Grund für die Einschäumung der Fenster und gleichzeitig als Befestigungselement. Dieser wird aus Konstruktionsvollholz mit der Dimension 60 x 80 Millimeter hergestellt, weil auch die Stärke der verwendeten Fenster 60 Millimeter beträgt. Da mehrere Fenster für die Versuche verwendet werden, werden diese mit Montageschaum in die vorgefertigten Fenstereinsatz-Holzrahmen einge-

Abbildung 8.2.: Holzschalung



schäumt. Die auszuschäumende Fuge zwischen dem Fenster und dem Fenstereinsatz-Holzrahmen wird, wie im Auszug der Tür- und Fenster-Anschlussnorm B5320: 2017 im Kapitel 5.5.1 angegeben wird, mit 15 Millimeter gewählt. Diese vorgefertigten Elemente (Fenstereinsatz-Holzrahmen mit eingeschäumtem Fenster) können schließlich mit Schrauben am Montage-Holzrahmen befestigt werden. Detaillierte Beschreibungen zur Fenstermontage am Versuchsrahmen werden im folgenden Kapitel 8.1.2 angeführt.

Zusammengefasst wird die Lastabtragung vom Wasserdruck in der Wanne des Versuchsrahmens wie folgt erreicht: Das Wasser drückt flächig gegen die vereinigte Schalplatte. Diese verteilt die Kräfte auf die Konstruktionsvollholz-Querriegel bzw. den Montage-Holzrahmen. Ebenfalls in den Montage-Holzrahmen eingeleitete Kräfte sind jene, die infolge des Wasserdruckes auf die Fensterflächen entstehen. Die genannten Querelemente führen die Last zu den beiden senkrechten Konstruktionsvollholz-Längsstreben, welche mit den Schalzwingen auf den Stahlrahmen zurückgehängt werden.

### 8.1.2. Fenstermontage am Versuchsrahmen

Wie in Abbildung 8.3 a bis d auf Seite 92 dargestellt, werden die vorgefertigten Elemente (Fenstereinsatz-Holzrahmen mit eingeschäumtem Fenster) in den Montage-Holzrahmen mit Holzkeilen zentrisch eingekeilt und mit 6 x 120 Millimeter Schrauben, die durch den Montageholzrahmen in den Fenstereinsatz-Holzrahmen eingebohrt werden, montiert. Mit Hilfe der Einkeilung wird zusätzlich zur Ausrichtung des Einselementes auch das Anpressen an die Schalplatte erreicht, um die Dimension des Spaltes zwischen den beiden Komponenten möglichst klein zu halten. Damit der dünne Fenstereinsatz-Holzrahmen bzw. die Schrauben die einwirkenden Lasten aufnehmen können und die Durchbiegungen des Fenstereinsatz-Holzrahmens minimiert werden, wird ein enger Schraubenabstand von etwa 12 Zentimeter gewählt. Abbildung 8.3 d zeigt, dass die seitlichen Schrauben gerade eingebohrt werden können. Jene an der Ober- und Unterseite des vorgefertigten Elements müssen schräg eingeschraubt werden, da die darüber- bzw. darunterliegenden Querriegel aufgrund der Lastabtragung sehr eng gesetzt sind (Abbildung 8.3 b & c). Die konstruktive Montage mittels Schrauben ermöglicht das einfache Austauschen der vorgefertigten Fensterelemente ohne dabei die Holzkonstruktion vom Stahlrahmen abheben zu müssen. Bevor jedoch der Versuch begonnen werden kann, muss die Innenabdichtung mittels Fensteranschlussfolie hergestellt werden. Dazu wird das Kippfenster aus den Kunststoff-Führungsschienen ausgehängt und herausgehoben. Da zwischen Holzschalplatte und Blechwanne etwa 40 Zentimeter Platz sind, kann die Abdichtung hergestellt werden, indem sich eine Person in die Wanne setzt.

Abbildung 8.4 auf Seite 93 zeigt einige Vorbereitungsarbeiten für das Kleben der Fensteranschlussfolie und die Durchführung des Versuches. Im Bild a werden die Lüftungsschlitze, welche sich am unteren Rahmen jeweils etwa 15 cm von den Ecken entfernt befinden, mit Silikon verschlossen. Damit wird erreicht, dass die Versuche sich lediglich auf die Wasserverluste der Gummidichtung konzentrieren, jedoch nicht auf jene eines vorgefertigten Loches im Fenster. Abbildung b zeigt das mit der Fensteranschlussfolie abzudichtende Fenster vom Wanninnen des Versuchsstandes. Hier ist der feine Spalt zwischen dem Fenstereinsatz-Rahmen und der äußeren Schalttafel zu erkennen. Um einen völlig dichten Fensteranschluss herzustellen, werden der Spalt und die Ausschäumung mit der Fensteranschlussfolie überklebt. Bevor die Abdichtungsklebung erfolgt, werden alle



Abbildung 8.3.: Fenstermontage im Versuchsrahmen

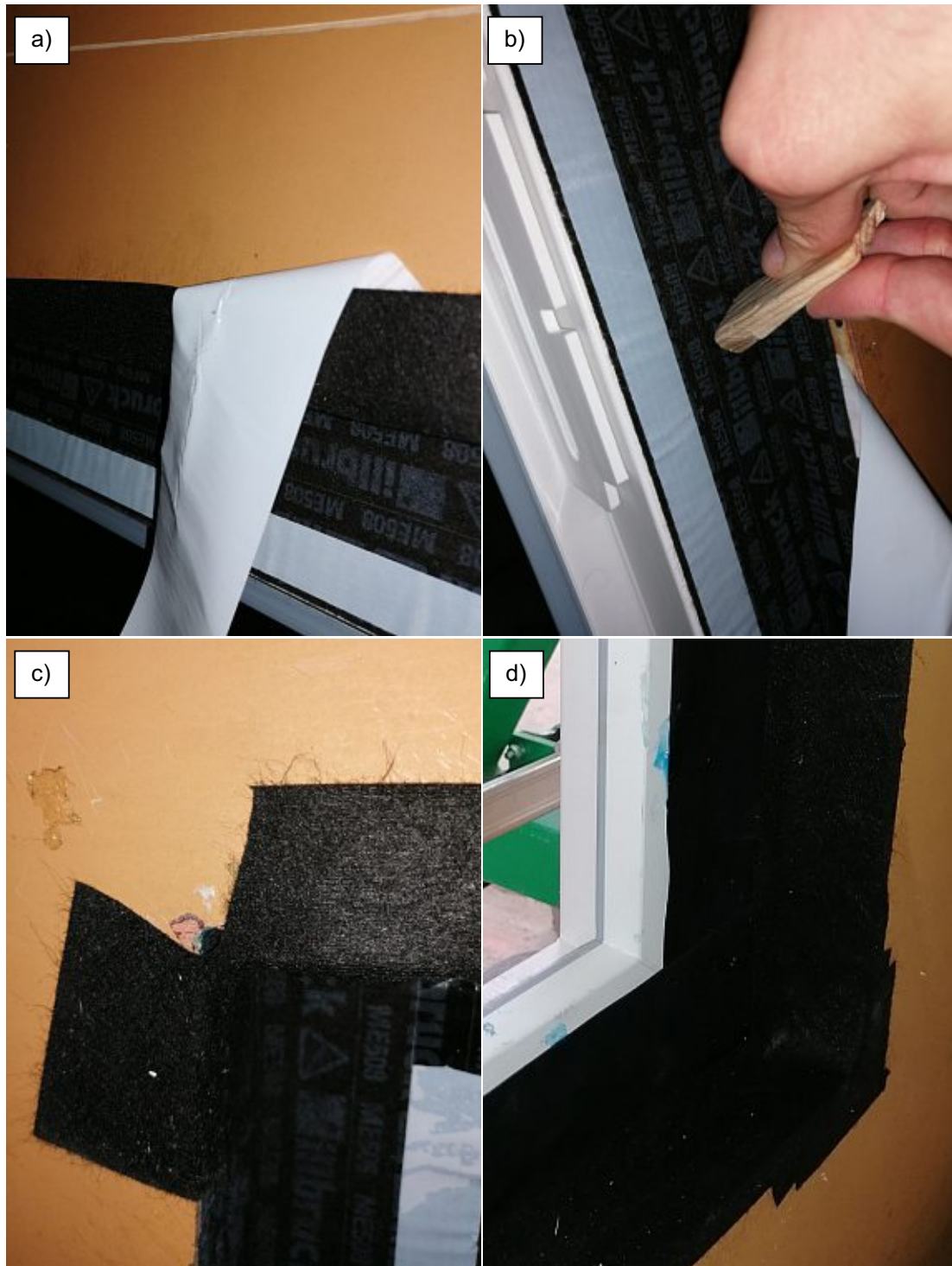




Abbildung 8.4.: Vorbereitungsarbeiten für Folienabdichtung



Abbildung 8.5.: Abdichtungsarbeiten mit Fensteranschlussfolie



Oberflächen von Schmutz und Staub befreit. Um die Haftung für die Klebung der Folie an Fenster und Schalttafel zu verbessern, wird Primer mit Hilfe einer Spraydose (Bild c) und mit einem Primerstift (Bild d) aufgebracht. Nach der Trocknung des flüssigen Primers, ist die Oberfläche für die Klebung optimal vorbereitet.

Eine der im Zuge der Versuche hergestellte Innenabdichtung wird in Abbildung 8.5 auf Seite 94 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass alle möglichen undichten Fugen und Stellen zwischen Fensterblendrahmen und der Innenseite der Holzschalung mit dem schwarzen Abdichtungsband verklebt sind. Bild a und b zeigen das Aufbringen des Klebebandes, indem es während des Abziehens von der Plastikfolie (weiß) mittels eines abgerundeten Holzstückes auf die Oberfläche angepresst wird. Besondere Aufmerksamkeit bei der Klebung des Abdichtungsbandes ist der Eckausbildung zu widmen, da diese schwierig auszuführende Schlüsselstelle eine potentielle Leckage darstellen kann. Bild c zeigt ein Außeneck, welches noch nicht fertig abgedichtet ist. Durch das Aufbringen weiterer Abdichtungsbandstücke kann die augenscheinlich erkennbare undichte Stelle abgeklebt werden (Bild d). Nach der Fertigstellung der Klebearbeiten und dem Erreichen der Trockenzeiten der Bandhersteller kann das Kippfenster wieder eingehängt und damit der Kellerfenster-Wassereinstauversuch gestartet werden.

Anzumerken ist, dass die Abdichtungsführung an der Innenseite, welche durch die Fensteranschlussfolie der Firma DRG bzw. der Firma Illbruck gewährleistet wird, aufgrund der vielen kleinen Eck- und Kantenausbildungen des Holzprüfrahmens etwas abweichend von einem Wandanschluss in der Realität ist. Da 2 kleine Richtungswechsel abzudichten sind (siehe Abbildung 8.4 b), muss die Eckausbildung besonders genau durchgeführt werden. Eine weitere Abweichung von der Realität stellt die geringe Steifigkeit des Holzrahmens gegenüber einer Fensterlaibung aus Stahlbeton dar. Dies kann besonders bei hohen Wasserdrücken zu Durchbiegungen am Holz führen, welche sich auf das Bruchverhalten des Fensters auswirken kann.

## 8.2. Versuche

### 8.2.1. Billig-Baumarkt-Kippfenster

Bei dem Kellerfenster der 1. Versuchsreihe handelt es sich um ein sehr billiges Baumarkt-Kellerfenster. Die Abbildungen 8.6 a und b stellen das Kellerfenster eingeschäumt in den Fenstereinsatz-Holzrahmen dar. Das Kellerfenster ist mit einer 14 Millimeter 2-Scheiben-Isolierglas-Verglasung ausgestattet und hat ein Gesamtgewicht von 12,1 Kilogramm. Es besitzt eine Einbautiefe von 58 Millimeter und ist lediglich mit einer Kipp-Öffnung ausgestattet. Die Verriegelung bei geschlossener Fensterstellung wird durch einen kleinen Kunststoffdrehhahn beiderseits direkt am Kippmechanismus bewerkstelligt (Detailansicht Abbildung 8.6 b). Das Fenster wird, durch das an beiden Seiten angebrachte Kunststoff-Scherenpaar, in gekippter Stellung gehalten.

#### 8.2.1.1. Versuch 10.09.2020

Beim ersten Versuch konnte die Abdichtung mittels Fensteranschlussfolie nicht zur vollen Zufriedenheit hergestellt werden. Bei größerer Einstauhöhe entwich Wasser vor allem an den Ecken zwischen Schalhaut und Montagerahmen, womit die Durchflussergebnisse durch den Fensterbeschlag etwas verfälscht wurden. Da die beiden Entwässerungslöcher



Abbildung 8.6.: Billig-Baumarkt-Kippfenster

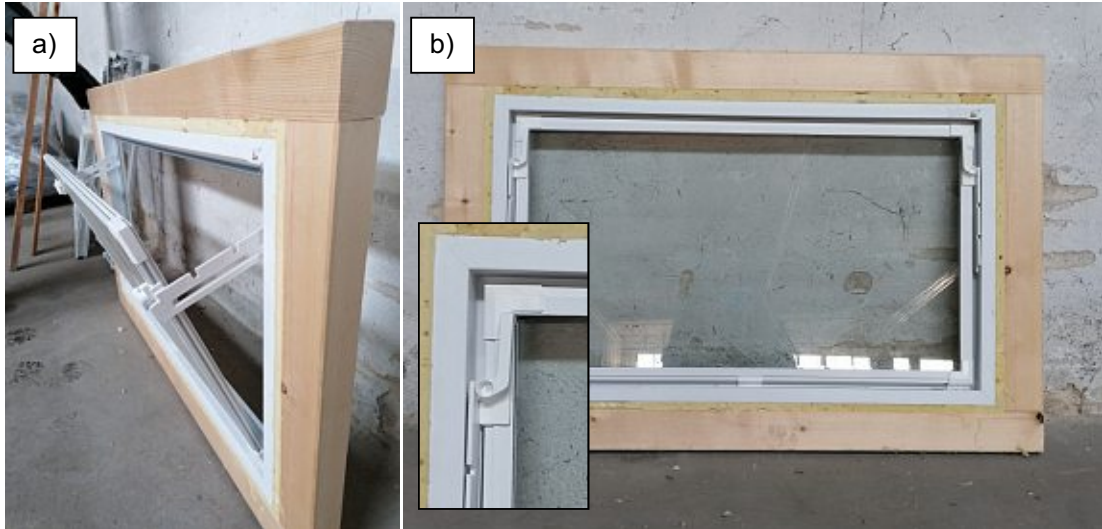
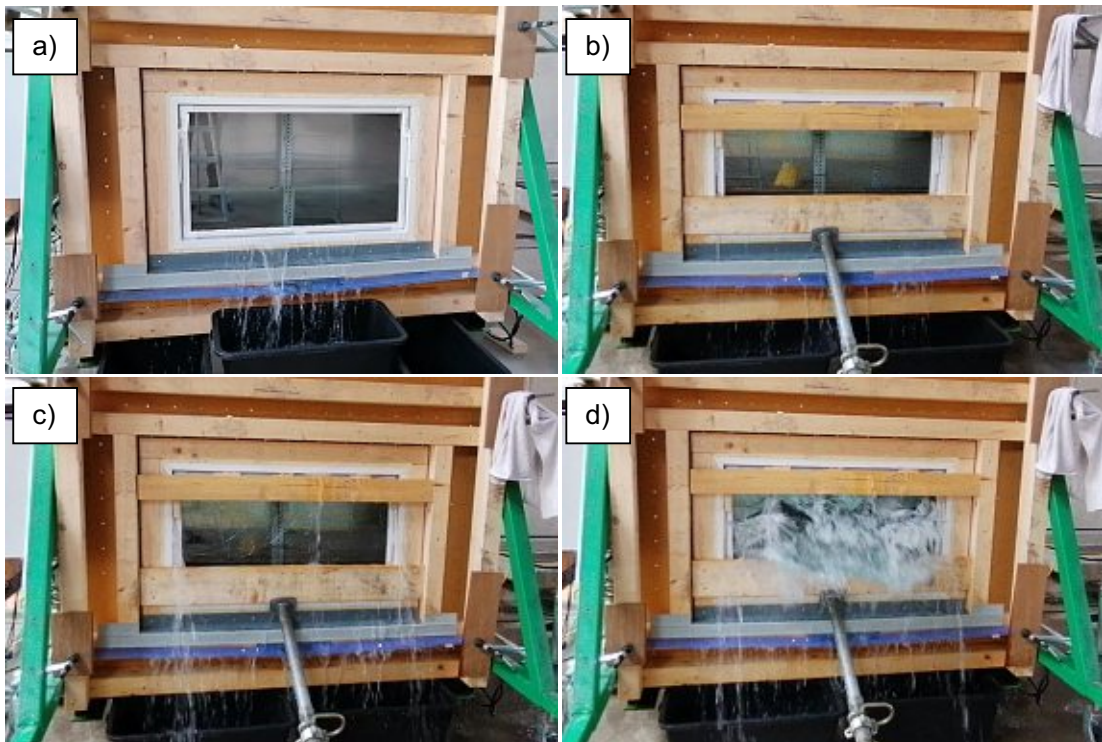


Abbildung 8.7.: Versuch 10.09.2020



an der Fensterunterseite beim ersten Versuch unverschlossen waren, konnte von Anfang an Wasser durchfließen. Da der Wasserdurchtritt durch die Entwässerungslöcher sehr begrenzte Ausmaße hatte, beeinflusste dies jene der Dichtung nur minimal. Mit steigendem Wasserdruck wurde der Flügelrahmen immer stärker von der Dichtung weggedrückt. Proportional dazu stieg der Wasserdurchtritt durch die Gummidichtung. Bei etwa 23 Zentimeter Wasserstand über der Fensterunterkante flossen rund 43 Liter Wasser pro Minute durch die Dichtungen des Fensters, welche gleichzeitig die Fördermenge der Wasserleitung entsprach. Aufgrund der begrenzten Förderleistung konnte der Wasserstand nicht weiter erhöht werden. Der entsprechende Wasserpegelstand am Fenster und die dazugehörige Wasseraustrittsmenge kann in Abbildung 8.7 a betrachtet werden.

Um den Wasserpegel und somit Wasserdruck weiter zu erhöhen, wurden, wie in Abbildung 8.7 b dargestellt, 2 Bretter quer am Fenstereinsatz-Holzrahmen angeschraubt und mit Keilen gegen den Flügelrahmen gedrückt. Diese Maßnahme konnte somit den Spalt zwischen Dichtung und Blendrahmen gering halten. Als zusätzliche Unterstützung wurde unten mittig am Flügelrahmen eine Schalstütze angesetzt. Durch diese Modifikationen konnten mit derselben Wasserfördermenge wie zuvor größere Wasserpegel erreicht werden. Der Wasserspiegel stieg ab der Oberkante des Kellerfensters nur mehr sehr langsam, da die Wasseraustritte durch den steigenden Druck wieder größer wurden. An den unterstützenden Querbrettern konnte eine Durchbiegung mit freiem Auge verzeichnet werden. Die Glasscheibe zersprang schließlich bei dem Wasserhöchststand von 1,61 Meter über der Druckmessdose, was einer Wasserhöhe von 1,43 Meter über der Fensterunterkante entspricht. Abzüglich der 0,60 Meter der Fensterhöhe beträgt dies ein Maß von 0,83 Meter über der Fensteroberkante, was durchaus einen realitätsnahen Wert der Lichtschachthöhe in der Praxis darstellt. Der Bruch der Zweifachverglasung ereignete sich in 2 Phasen. Zuerst brach die Glasscheibe an der Wannenseite, welche in Abbildung 8.7 c als Risse in der Glasmitte erkannt werden können. Erst nach etwa 20 Sekunden ereignete sich der Bruch der zweiten Scheibe, wodurch das Wasser ungebremst aus den Versuchsrahmen austreten konnte (Abbildung 8.7 d).

#### **8.2.1.2. Versuch 16.09.2020**

Der innere Anschluss zwischen Fenstereinsatz-Holzrahmen und Holzschalung wurde an diesem Versuchstag mit dem Kautschuk-Abdichtungsstreifen „DRG-Cladseal EPDM Streifen“ und dem Klebstoff „EGOPLAST FK Haftklebstoff für Anschlussfolien“ der Firma DRG hergestellt. Besonders die Ecken an der Schalung, welche beim Versuch vom 10.09.2020 als Schwachstelle der Abdichtung angesehen werden konnten, wurden daher beim aktuellen Versuch mit einer extra Bandlasche überklebt. Laut Beobachtungen während des Versuches konnte eine vollkommen wasserdichte innere Anschlussabdichtung hergestellt werden.

Im Zuge des Versuches vom 16.09.2020 wurden 2 unterschiedliche Tests durchgeführt. Das Ziel beider Prüfungsdurchgänge war, die Wasserdurchflussmenge zu ermitteln, welche durch die Gummidichtung des Fensters durchtrat, im Bezug auf die Wasserstauhöhe.

Der 1. Test wurde bei einer Wasserförderleistung von etwa 43 Liter pro Minute, mit Hilfe der für den Versuch verwendeten Standardzuleitung (D-Schlauch), durchgeführt. Mit der Wasserförderleistung ist die Steighöhe des Wassers in der Versuchswanne an die Verluste der durch den Wasserdruck undicht werdenden Fensterdichtungen gekoppelt.

Bei genannter Wasserfördermenge konnte lediglich ein Wasserpegel von 24 Zentimeter über der Fensterunterkante, was deutlich unter der Mitte des Fensterglases ist, erreicht werden.

Bei der 2. Testung des Tages war eine höhere Förderleistung notwendig, um höhere Wasserstände in der Wanne zu erreichen. Diese sollte mithilfe einer kleinen Tauchpumpe bewerkstelligt werden. Der Schlauch der Tauchpumpe wurde durch das Loch am Kopf des Versuchsstandes durchgeführt. Die Förderleistung der Tauchpumpe konnte mittels einer Testmessung auf eine Höhe von 3,02 Meter über Fußbodenoberkante (Schlauchhochpunkt) auf ca. 40 Liter pro Minute ermittelt werden. Die Förderleistung der Tauchpumpe wird erst ca. 5 Minuten nach Versuchsbeginn erschlossen. Trotz der Gesamtwasserförderleistung von ca. 83 Liter pro Minute, konnte der Wasserstand in der Einstauwanne nur auf die Höhe von 27,5 Zentimeter über Fensterunterkante steigen. Das sind lediglich 4 Zentimeter mehr als im 1. Test mit nur 43 Liter Wasser pro Minute. Um die großen Wasserverluste zu kompensieren und damit höhere Wasserstände zu erzeugen, wären deutlich größere Wassermengen erforderlich.

### 8.2.1.3. Versuch 30.09.2020

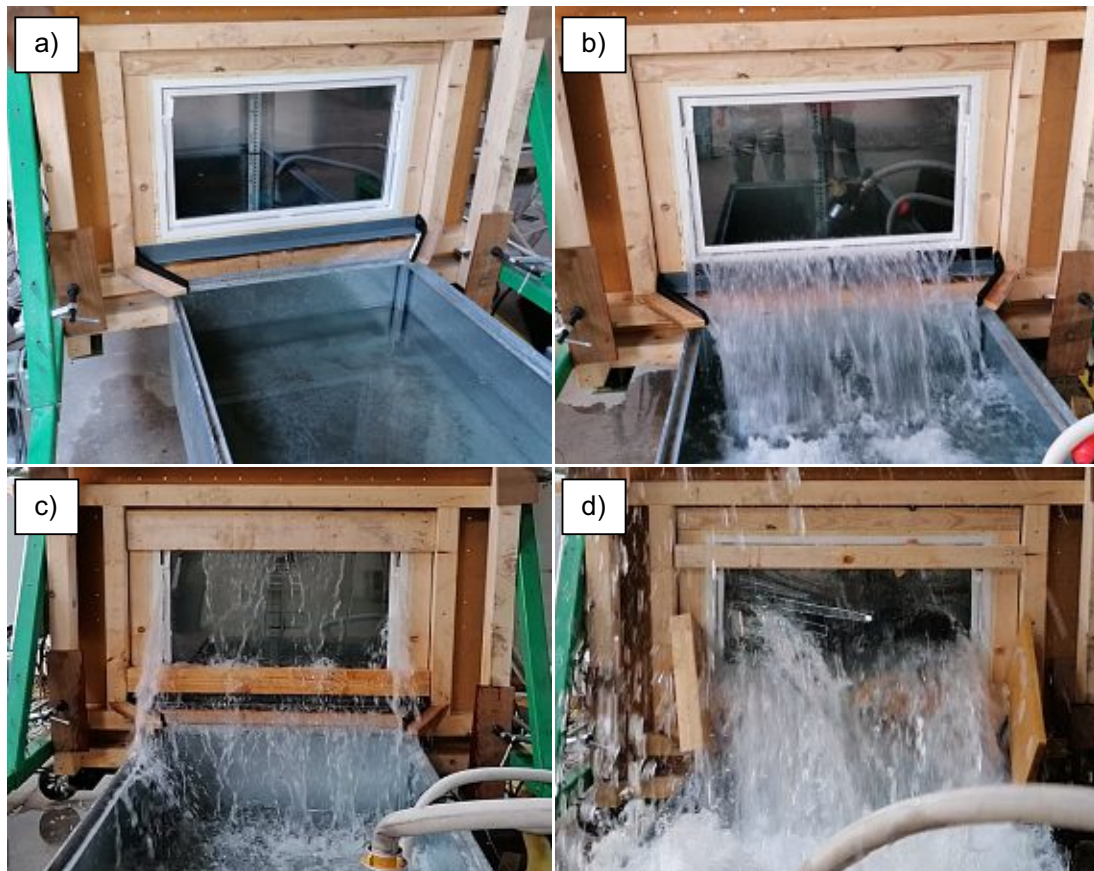
Der Versuch vom 30.09.2020 wurde ebenfalls in 2 einzelnen Tests durchgeführt. Da große Wasserverlustmengen durch die Gummidichtung vorherzusehen waren, wurde ein Auffangbecken aus Stahl vor den Versuchsrahmen platziert. Damit das austretende Wasser in das dafür vorgesehene Becken abläuft, wurde eine Rutsche aus Plexiglas mit seitlichen Dichtstreifenbegrenzungen angebracht (Abbildung 8.8 a).

Ziel des ersten Versuches war es mithilfe von einer Wasserleitung sowie einer großen und kleinen Tauchpumpe genügend Wasser fördern zu können, um das Versagen des Kellerfensters hervorzurufen. Die Wasserleitung hatte eine konstante Förderleistung von 43 Litern pro Minute. Die Pumpleistung der Tauchpumpen wurde zuvor anhand von Pump-testes auf die Förderhöhe, an der sich der Scheitelpunkt des Versuchsstandes befindet, getestet. Die kleine Tauchpumpe (D-Schlauch) und die große Tauchpumpe (C-Schlauch) sind auf Leistungen von rund 40 und 118 Liter pro Minute getestet worden. Die Gesamtfördermenge war daher etwa mit 201 Liter Wasser pro Minute abzuschätzen. Im ersten Versuch wurde getestet, ob die oben angeführte Wasserfördermenge genügt, um infolge des steigenden Wasserpegels einen ausreichend großen Wasserdruck zu erzeugen, sodass die Glasscheibe oder der Verschlussmechanismus versagt. Da bereits bei einer Stauhöhe von ca. 36 Zentimeter über Fensterunterkante die mittels der Wasserleitung und den Tauchpumpen zugeführte Wassermenge durch die Fensterdichtung durchtreten konnte, kam es zu keiner der beiden Versagensformen. Der maximale Pegelstand des ersten Versuches und der dazugehörige Wasserdurchtritt durch die Gummidichtung sind in Abbildung 8.8 b dargestellt. Da keine weitere starke Tauchpumpe zur Verfügung stand, wurde der Versuch damit abgebrochen.

Im zweiten Versuch wurde der Flügelrahmen, wie schon beim Versuch vom 10.09.2020 erstmals probiert wurde, mit 2 Holzquerriegeln und Holzkeilen gegen die Dichtung gedrückt, um die Wasserdurchflüsse durch die Dichtung zu verringern. Die Wasserdurchtritte waren im Vergleich zum ersten Versuch dieser Art (Versuch 10.09.2020) deutlich höher, wie man der Abbildung 8.8 c entnehmen kann. Dies konnte mit der direkt zuvor durchgeführten starken Belastung des ersten Versuches in Zusammenhang stehen.



Abbildung 8.8.: Versuch 30.09.2020



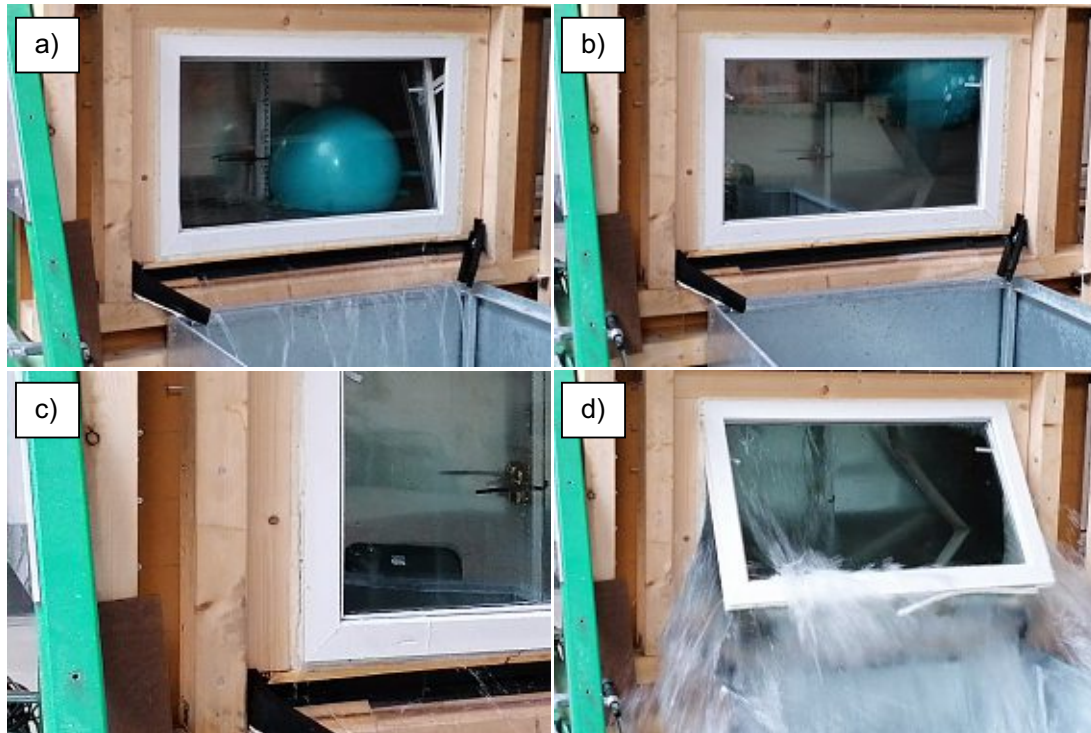
Weitere Gründe dafür könnten die abweichende Anordnung der Querstreben und das Fehlen der Schalstütze mittig unten am Fenstereinsatz-Holzrahmen sein, vergleicht man mit Abbildung 8.7 b. Das Glas brach ganz unerwartet beim Wasserstand von 1,10 Meter über der Fensterunterkante. Im Gegensatz zum Versuch vom 10.09.2020 trat das Versagen des 2-fach-verglasteten Fensters abrupt mittig an der rechten Fensterscheibenseite ein (Abbildung 8.7 d).

#### 8.2.1.4. Versuch 07.10.2020

Am Versuchsaufbau vom 07.10.2020 sollte anhand des verkehrten Einbaus des Fensters getestet werden, welchen Einfluss der Wasserdruck auf das Verschließen und Anpressen des Flügelrahmens auf die Dichtung des Blendrahmens hat. Unter der verkehrten Versetzung des Fensters ist das seitliche Drehen um  $180^\circ$  gemeint, sodass sich die Fensterverschlüsse im Kellerschacht bzw. an der wasserzugewandten Seite befinden. Vorteil dieser Fensterlage ist, dass mit steigendem Wasserdruck der Flügelrahmen immer stärker an den Blendrahmen gedrückt wird, was die Abdichtungsfunktion der Gummidichtung begünstigt.

Im Zuge des Versuches wurde getestet, ob mit Hilfe eines Schwimmkörpers das geöffnete Kellerfenster, zufolge des steigenden Wasserpegels, geschlossen werden kann. Als

Abbildung 8.9.: Versuch 07.10.2020



Schwimmkörper wurde ein luftgefüllter Gummihüpfball mit ca. 40 Zentimeter Durchmesser herangezogen. Dieser wurde als einfacher Ersatz für mögliche entwickelte automatisierte Verschlussysteme verwendet. Zu Beginn des Versuches wurde lediglich mit der Fördermenge von etwa 43 Liter Wasser pro Minute gefüllt. Wie vermutet wurde das Fenster durch den am Wasser schwimmenden Gummihüpfball Zentimeter für Zentimeter geschlossen. Der übrige kleine Öffnungswinkel des Kippfensters reichte jedoch aus, um die gesamte Wasserzuflussmenge durch die Öffnung durchzuleiten, wie in Abbildung 8.9 a ersichtlich ist. Der Wasserspiegel konnte daher nicht höher steigen, wodurch der Gummihüpfball das Fenster nicht weiter Richtung Gummidichtung führte. Um mehr Wasserfördermenge zu erreichen, wurde eine große Tauchpumpe mit etwa 120 Liter pro Minute Förderleistung (C-Schlauch) auf 3 Meter Höhe (von oben am Kopf der Versuchsmaschine eingeführt) zusätzlich hinzugezogen. Zuzugabe der etwa 160 Liter Wasser pro Minute konnte der Wasserspiegel weiter steigen, wodurch der Gummihüpfball innerhalb von wenigen Sekunden den Flügelrahmen an den Blendrahmen drückte. Der Verschlussmechanismus mithilfe des Gummihüpfball konnte daher nur bei genügend Wassersteighöhe zur Verschließung des Fensters führen. Das geschlossene Fenster mit dem aufschwimmenden Gummihüpfball wird in Abbildung 8.9 b dargestellt. In professioneller Ausführung eines nach außen aufgeschlagenen Kellerfensters müsste der Schwimmkörper viel tiefer sitzen, um sofort auf den steigenden Wasserspiegel zu reagieren.

Der zweite Teil des Versuches startete mit der Schließung des Fensters und dem steigenden Wasserpegel. Den Beobachtungen zufolge konnten, im Gegensatz zu den konventionellen Einbauversuchen, kaum Verluste durch die Dichtung verzeichnet werden. Lediglich

an den unteren Ecken konnten kleine Wassermengen zwischen Flügel- und Blendrahmen durchtreten. Der Wasserpegel stieg bis 1,24 Meter über der Messdose, was 1,06 Meter über der Fensterunterkante entspricht. Bei genanntem Wasserpegel war ein knisterndes Geräusch zu verzeichnen. Der Wasserpegel stieg noch einen Zentimeter bis 1,07 Meter über der Fensterunterkante, bis der PU-Schaum, welcher zur Montage des Blendrahmens im Fenstereinsatz-Holzrahmen herangezogen wurde, riss. Der Wasserdruck an der Unterseite des Fensters wurde so groß, dass der Montageschaum, samt dem innen geklebten Abdichtungsband, versagte. Abbildung 8.9 c zeigt die Rissbildung in der Schaumfuge am linken unteren Eck, kurz vor dem Versagen. Bildlich beschrieben wurde das Fenster vom Wasser zum intakten Abdichtungsband an der Oberseite des Fensteranschlusses nach oben geklappt (Abbildung 8.9 d). Anhand der Bruchform des ausgebrochenen Fensters bzw. jener in Bild c kann erkannt werden, dass der Schaum selbst in der Mitte der Fuge versagte, jedoch nicht die Anschlussflächen zwischen Schaum und Fenster bzw. Fenstereinsatz-Holzrahmen.

Resümee dieses Versuches ist, dass vermutlich bei allen zuvor durchgeführten Glasbruchversuchen zuerst die Einschäumung versagt hätte, bevor das Glas zum Bruch gekommen wäre.

#### **8.2.1.5. Versuch 14.10.2020**

Ziel des Versuches am 14.10.2020 war es, die Versagensformen des Kellerfensters bei verkehrtem Einbau zu untersuchen. Grundsätzlich wird der Versuchsaufbau gleich durchgeführt, wie jener vom 07.10.2020. In Ergänzung dazu wird der Fensterblendrahmen am Fenstereinsatz-Holzrahmen verschraubt, um mögliche Versagensformen wie das Abscheren bzw. Versagen der eingeschäumten Fuge zu verhindern (Abbildung 8.10 a). Abbildung 8.10 b zeigt das verkehrt verbaute Fenster während der Befüllung.

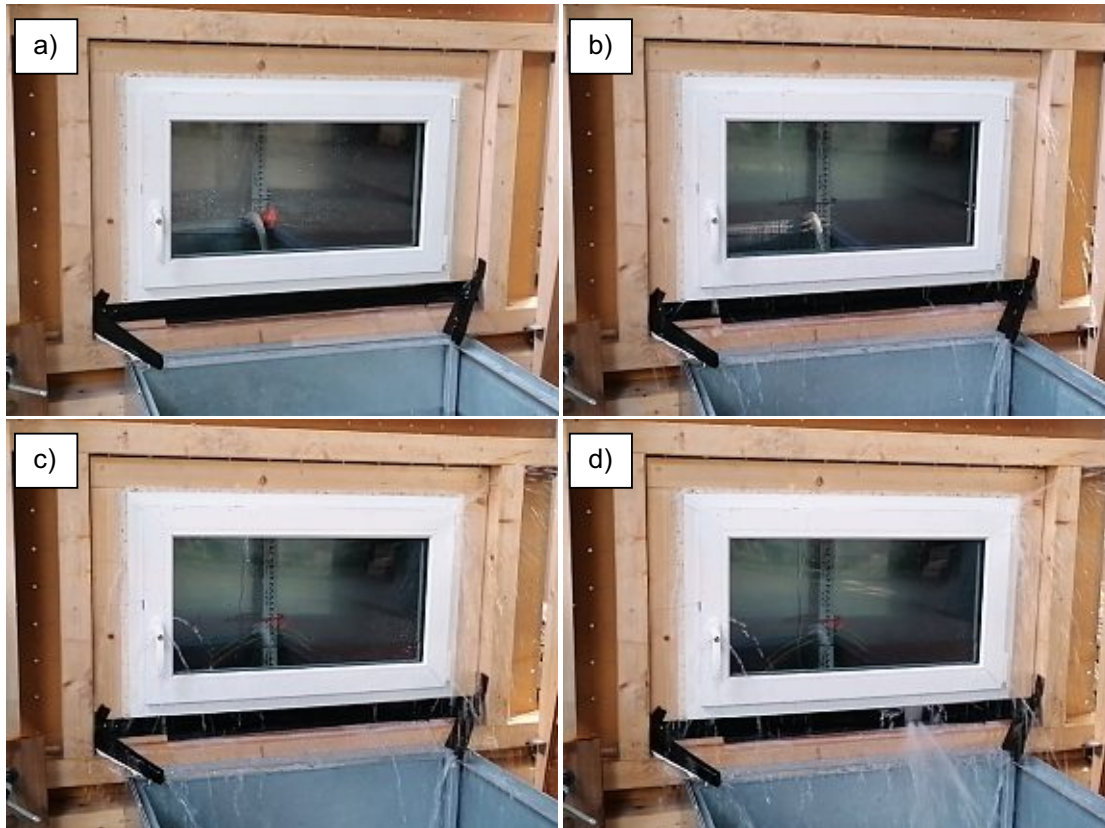
Bis zu Wasserständen von 1,05 Meter über der Druckmessdose, was einen Pegel von 0,87 Meter über der Fensterunterkante entspricht, waren nur geringe Wasserverluste zu verzeichnen. Lediglich an den Ecken der Glaseinfassung, welche mit einer Gummidichtung umschlossen ist konnten kleine Wassermengen entweichen. Die Verluste dieser Schwachstellen wurden mit steigender Wasserdruckhöhe immer mehr, bis bei etwa 1,05 Meter über der Fensterunterkante an allen 4 Ecken das Wasser in einem Bogen wegspritzte. Akustisch war bemerkbar, dass sich der Rahmen des Fensters infolge des steigenden Wasserdruckes immer mehr verspannte. Die Durchbiegungen in Glasmitte und mittig am Plastikprofil des unteren Blendrahmens waren mit freiem Auge gut erkennbar. Beim Wasserstand von 1,42 Meter über der Fensterunterkante versagte plötzlich das linke Eck des Blendrahmens. Zuzufolge des enormen Wasserdruckes löste sich die Kunststoffverschweißung des Blendrahmens im Eck, was eine Leckage mit einer Austrittsmenge von etwa 80 Liter Wasser pro Minute verursachte (Abbildung 8.10 c). Anhand von Abbildung 8.10 d kann gut erkannt werden, wie die äußerste Nase des Blendrahmens vom resultierenden Wasserdruck nach außen gedrückt wird. Der Versuch wurde nach diesem Teilversagen abgebrochen. Bei größeren Wasserzuflussmengen und daraus steigendem Wasserpegel wäre mit dem Glasbruch, sprich einem globalen Versagen, zu rechnen.



Abbildung 8.10.: Versuch 14.10.2020



Abbildung 8.11.: Versuch 24.11.2020



### 8.2.2. Mittelklasse Kellerfenster

Bei diesem Kellerfenster handelt es sich um ein 24 Millimeter 3-fach verglastes Drehkipp-Fenster mit einer P4A-Verbundsicherheitsglasscheibe (VSG 8.4) an der Außenseite. Es ist mit einer Bautiefe von 76 Millimeter aufgeführt und wiegt 32,6 Kilogramm. Die Verriegelung wird durch jeweils 2 Verriegelungspunkten an der linken und rechten, Ober- und Unterseite bewerkstelligt.

Anhand des Kellerfenstergewichtes können schon Rückschlüsse gezogen werden, dass die Ausführung der Fensterbestandteile eine viel massivere ist, als die des Billig-Kellerfensters.

#### 8.2.2.1. Versuch 24.11.2020

Ziel des Versuches vom 24.11.2020, war es einen Vergleich des Wasseraustrittsausmaßes zwischen dem Kellerfenster dieses Versuches und dem Billig-Baumarkt-Kellerfenster der 1. Versuchsreihe zu erstellen.

Wie auch bei den Versuchen mit dem Billig-Baumarkt-Kellerfenster wurde das Mittelklasse-Kellerfenster in den Versuchsrahmen eingebaut und mit Fensteranschlussbändern an der zur Blechwanne gewandten Seite abgedichtet. Zusätzlich zur Einschäumung mit Montage-PU-Schaum bewerkstelligten jeweils 2 Schrauben an vorgebohrte Stellen an

den Seiten, als auch oben und unten, die Fixierung und Lastabtragung des Fensters im Fenstereinsatz-Holzrahmen.

Die Wasserbefüllung wurde bei diesem Versuch mit der dafür vorgesehenen Wasserleitung und der kleinen Tauchpumpe gewährleistet. Gesamt war daher eine Wasserförderleistung von etwa 83 Liter pro Minute anzunehmen.

Die Abbildungen 8.11 a bis d zeigen die Meilensteine des Versuchsablaufes. Bild a stellt das Kellerfenster während der Befüllung dar. Bis der Wasserpegel die Fensteroberkante erreichte, waren kaum Wasserdurchtritte zu verzeichnen. Erst 5 Zentimeter über der Fensteroberkante, was 65 Zentimeter über Fensterunterkante entspricht, wurden einzelne Stellen des Fensters undicht. Wie in Bild b dargestellt, konnten kleine Wassermengen am rechten oberen Eck, an der unteren und oberen Dichtung und am Verschlussmechanismus austreten. Ebenfalls war ein kleiner Wasserstrahl in der Einschäumungsfuge mittig an der linken Seite zu verzeichnen. Später konnte eruiert werden, dass dieser Austritt im direkten Zusammenhang mit der Befestigung des Fensters am Fenstereinsatz-Holzrahmen steht. Um diese Undichtheitsstelle zu verhindern, sollte diese Befestigung mittels Fensterschrauben ebenfalls abgedichtet werden.

Bei einem Wasserstand von 86 Zentimeter über der Fensterunterkante war ein Wasserverlust von etwa 15 Liter pro Minute zu verzeichnen. Mit freiem Auge waren keine Durchbiegungen des Fensterglases wahrzunehmen, trotz des steigenden Wasserpegels und des merklich hörbaren Knarrens etwa im Dreiminutentakt. Bei einem Wasserstand von 1,58 Meter über der Fensterunterkante war der erhöhte Wasserdruck merklich. Da das rechte obere Eck des Fensterrahmens etwas aufmachte, trat eine größere Wassermenge durch die Undichtheitsstelle. Die deutlich höhere Austrittsmenge kann im Bild c beobachtet werden. Bei 1,62 Meter über der Fensterunterkante versagte schließlich die untere Dichtung etwas ausmittig, was in Abbildung 8.11 d zu erkennen ist. Die gesamte Wasserdurchtrittsmenge ist mit etwa 40 Liter pro Minute abzuschätzen. Der Versuch wurde bei dem Wasserpegel von 1,64 Meter über der Fensterunterkante abgebrochen.

### 8.2.3. Ergebnisse

Mit Hilfe der Versuche am Billig-Baumarkt-Kipp-Fenster wurden zahlreiche Versagensformen und ein grobes Ausmaß der Wasserdurchtrittsmenge durch die Fensterdichtung ermittelt. Aufgrund der begrenzten Förderleistung von maximal rund 200 Liter Wasser pro Minute, konnten beim konventionellen Fenstereinbau nur maximal 36 Zentimeter Wasserpegelstand über der Fensterunterkante erreicht werden. Wird angenommen, dass bei pluvialen Hochwasserereignissen deutlich höhere Wassermengen dem Kellerschacht zugeleitet werden, so kommt man zum Schluss, dass auch ohne den abdichtenden Zusatzmaßnahmen der Versuche vom 09. und 30.10.2020 (Querriegel mit Verkeilung) hohe Wasserpegelstände erreicht werden können.

Im Versuch vom 10.09.2020 versagte bei einer Wasserpegelhöhe von 1,43 Meter über der Fensterunterkante das Glas. Beim gleichartigen Versuch am 30.09.2020 ereignete sich der Glasbruch schon bei einer Höhe von 1,10 Meter. Die persönliche Schlussfolgerung daraus ist eine starke Abweichung der Qualitäts- und Verarbeitungsparameter.

Anhand der Versuche vom 07. und 14.10.2020 konnten durch die um 180° gedrehte Einbauweise weitere Erkenntnisse über das Dicht- und Bruchverhalten gezogen werden. Da, beim verkehrten Einbau des Kellerfensters, sich der Flügelrahmen durch das aufstau-



ende Wasser immer stärker an den Blendrahmen drückt, sind die Wasserverluste durch die Dichtung selbst beim Billig-Baumarkt-Kellerfenster sehr gering. Da im Bestand Kellerfenster oft nur eingeschäumt, jedoch nicht mit Fensterschrauben in der Laibung verschraubt sind, wurde diese unvollständige Montageart im Versuch vom 07.10.2020 ebenfalls getestet. Bereits bei einem Wasserpegel von 1,07 Meter über der Fensterunterkante versagte der Montageschaum samt dem Fensteranschlussband, wodurch das sonst ungeschädigte Fenster durch den Wasserdruck aus dem Fenstereinsatz-Holzrahmen herausgerissen wurde. Anhand dieses Versuches kann deutlich gemacht werden, wie wichtig die Befestigung mittels Schrauben in der Fensterlaibung ist. Beim Versuch vom 14.10.2020 sollte das Scherversagen des Montageschaumes durch die Montage mit Fensterschrauben verhindert werden. Bei einem Wasserstand von 1,42 Meter über der Fensterunterkante riss die Kunststoffschweißnaht des Blendrahmens an der linken unteren Eckausbildung zufolge des verkehrten Fenstereinbaus. Eine Wasserdurchtrittsmenge von etwa 80 Liter pro Minute war aufgrund dieses Teilversagens zu verzeichnen. Da die verkehrte Montage eines Kellerfensters im Normalfall nicht vorkommt, hat das Erkenntnis des Blendrahmeneckbruches keine Bedeutung für die Praxis. Bemerkenswert ist jedoch der Fakt, dass bei dieser Einbauart selbst bei Kellerfenstern minderer Qualität bis zum Glasbruch kaum Wasserdurchtritte zu verzeichnen sind.

Wie der Versuch vom 24.11.2020 zeigt, konnten unter großem Wasserdruck am Mittelklasse-Drehkipp-Fenster bis auf das Undichtwerden eines Teiles der unteren Dichtung, nur kleine Wasserdurchtrittsstellen ermittelt werden. Durch die Testung auf eine Höhe von 1,64 Meter über der Fensterunterkante liegt die Wasserhöhe des Glasbruches über jener Höhe, die in Gebäuden im Normalfall vorkommt.

Vergleicht man das Billig-Baumarkt-Kipp-Kellerfenster mit dem Mittelklasse-Drehkipp-Kellerfenster, so kommt man auf folgende Ergebnisse: Bei einer Wasserförderleistung von etwa 40 Liter pro Minute konnte das Mittelklasseprodukt einen Wasserstand von 1,64 Meter über der Fensterunterkante erreichen, was 1,40 Meter mehr sind als die erreichten 24 Zentimeter des Billigfensters. Mit diesem Vergleich wird der deutliche Klassenunterschied merkbar. Vom Billigprodukt ist daher besonders bei Gebäuden mit möglicher Oberflächenwassergefährdung oder in Hanglagen abzuraten. Dieses Fenster ist nicht in der Lage die zuströmenden Wassermengen zurückzuhalten. Ein mögliches realistisches Maß der Kellerfensterunterkante zur Geländeoberkante des Anschlussgeländes wird mit etwa 1,20 bis 1,50 Meter abgeschätzt. Das Mittelklassefenster kann bei jenen Ausmaßen das zulaufende Oberflächenwasser bis auf Durchtrittswerte von etwa 20 Liter Wasser pro Minute zurückhalten. Sollte das Regenereignis mit dem daraus entstehenden Oberflächenwasserabfluss ein geringes Ausmaß annehmen und nur kurz andauern, ist nur mit begrenzten Wassereintritten zu rechnen. Bei lange andauerndem Wasserzufluss zum Kellerschacht reicht jedoch diese Menge aus, um größere Schäden im Keller zu verursachen. Aus den Versuchen kommt man zum Schluss, dass ein pluviales Hochwasser lediglich mit hochwasserbeständigen Kellerfenstern schadlos überstanden werden kann.

Die Kosten des Billig-Baumarkt-Kellerfenster belaufen sich auf rund 57 Euro und die des Mittelklasseproduktes auf rund 109 Euro pro Stück. Anhand der beiden Kaufpreise wird offensichtlich, dass die Unterschiede in Qualität, Robustheit und Dichtheitsparameter des Billig-Baumarkt-Kipp-Fensters höher sind, als die des Preises. Bei Kellerfenstern zu sparen bringt einen einschneidenden Qualitätsverlust mit schweren Konsequenzen mit sich.

Wie das Sprichwort >Wasser hat einen kleinen Kopf< verrät, kann Wasser durch jede kleinste Öffnung durchfließen. Bei Abdichtungsarbeiten ist besonders auf eine korrekte qualitative Ausführung zu achten, um keine Schwachstellen zu erzeugen. Wie der Versuch vom 24.11.2020 zeigt, können auch Befestigungen in der Fensterlaibung mittels Fensterschrauben eine undichte Stelle erzeugen.

Da die Wasserpegel bei den Glasbrüchen des Billig-Baumarkt-Fensters gleichzeitig realistische Kellerschachthöhen entsprechen, ist ein Glasbruch im pluvialen Hochwasserfall nicht auszuschließen. Besonders bei Rettungsversuchen von Wertgegenständen in teilweise überschwemmten Räumen besteht Verletzungsgefahr. Desweiteren besteht die Gefahr, dass eine verschlossene Tür, die zum gefluteten Raum nach innen zu öffnen ist, aufgrund des steigenden Wasserpegels bzw. -druckes im Raum nicht mehr zu öffnen ist.

## 9. Zusammenfassung - Resümee

Aufgrund des drastischen Anstiegs an Naturkatastrophen und Naturereignissen mit zerstörenden Auswirkungen auf Bauwerke, kommt dem präventiven Schutz ein großer Stellenwert zu. Aber auch Platzmangel und Unwissenheit lässt den Menschen immer mehr gefährdete Gebiete mit Bebauung erschließen, was sich ebenfalls negativ auf die Naturschadensstatistik auswirkt. Um diesem steigenden Trend der Naturschadensereignisse entgegenzuwirken, wird geschultes Personal in der Planung, als auch in der Ausführung benötigt.

Präventiver Oberflächenwasserschutz für ein Gebäude kann nicht isoliert betrachtet werden. Um ein ganzheitliches Schutzkonzept für ein Objekt zu erstellen, müssen zuvor auch sämtliche Einwirkungen evaluiert und ausgewertet werden. Sobald auch nur ein Teil bzw. Detail der Sanierung mangelhaft ausgeführt oder vergessen wird, ist der gesamte Gebäudeschutz umsonst und versagt im Falle eines starken Regenereignisses. Um die Vollständigkeit zu gewährleisten, sollte immer auf vorgefertigte Evaluierungsbögen zurückgegriffen werden.

Werden Österreichische mit Schweizer Normen und Richtlinien verglichen, so kann ein deutlicher Fortschritt der Schweizer Forschungen und Anwendungen erkannt werden. Um vorbeugend den Naturkatastrophen entgegen wirken zu können, sollten mehr gesamteuropäische Richtlinien entwickelt und herausgegeben werden.

Im Falle eines Neubaus ist der präventive Gebäudeschutz um ein vielfaches besser bzw. leichter auszuführen, als im Bestand. Beinahe alle Maßnahmen, die bei einem zu sanierenden bestehenden Gebäude notwendig sind, können hier durch die korrekte Errichtung wegfallen. Um ein Gebäude präventiv gegen Hangwasser zu schützen, müssen jedoch einheitliche Richtlinien und Normen entwickelt werden, an die sich Baufirmen und Planer halten sollten. Bis dato ist dies in Österreich leider nicht der Fall.

Im Rahmen des Kostenvergleichsbeispiels konnte errechnet werden, dass sich die präventive Schutzsanierung eines Altbaus (Einfamilienhaus) schon bei der Schadensverhinderung des ersten 30-jährlichen Oberflächenabflusses rentiert. Vor allem für Gebäude, die nachweislich in gefährdeter Lage für Hangwasser liegen, sollten präventive Instandsetzungsmaßnahmen erwägt werden.

Den Kellerfenstereinstauversuchen konnten Durchflussausmaße, Tücken bei der Fenstermontage bzw. -abdichtung und mögliche Versagensformen als Ergebnis entnommen werden. Selbst beim Mittelklasse-Kellerfenstern sind die Wasserdurchtritte bei Wasserpegelständen, die in der Praxis als realitätsgetreu gelten, deutlich zu groß. Aus den Versuchen geht hervor, dass lediglich hochwasserbeständige Kellerfenster in der Lage sind Oberflächenwasserabflüsse schadlos abzuführen bzw. diesen widerstehen zu können. Kellerfenster sollten stets durch geschultes Personal eingebaut werden, da Fehler verheerende Folgen bei pluvialen Hochwasserereignissen mit sich ziehen könnten. Besondere Gefahr für den Menschen stellt der Bruch der Fenstergläser unter der Wasserdrucklast dar, da dieser sehr unerwartet und sehr abrupt vor sich geht.

Bei den präventiven Sanierungsmöglichkeiten gibt es eine Palette an Maßnahmen, die beinahe für jeden Anwendungsfall vorzüglich funktionieren. Zu dem Thema Wassereintritt durch Fenster und Türen können Literatur als auch Forschung bisher kaum Fakten wiedergeben. Lediglich zwei deutsche Forschungseinrichtungen, welche die Herausgeber fach einschlägiger Richtlinien sind, scheinen in diesem Fachgebiet die Expertise im deutschsprachigen Raum innezuhaben.

Um der Gefahr von pluvialen Hochwasserereignissen entgegenzuwirken, ist vor allem die Aufklärung des Personals von Planungs- und Ausführungsfirmen über das weitläufig unbekanntes Thema notwendig, da sonst nicht adäquat auf diese Problematik reagiert werden kann.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass präventive Sanierungen immer einen Mehrwert gegenüber Schadenssanierungen haben. Um dieses sehr präsenten Thema zu vertiefen ist es notwendig, weitere Forschungen in diesem Bereich anzustellen.

# Literaturverzeichnis

- [1] C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, and Q. Dahe, “Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation,” 2012.
- [2] A. Wolf, “Interview Wolf - Fa. Singer GmbH,” 20.09.2019.
- [3] U. Hestermann and L. Rongen, *Frick/Knöll Baukonstruktionslehre 1*. Springer, 2010.
- [4] H. Stadler, “Fotodokumentation - Fa. Rascor Abdichtungen GmbH,” 2019.
- [5] BMLRT, *Eigenvorsorge bei Oberflächenabfluss*, 2019.
- [6] N. A. Fouad, *Bauphysik Kalender 2018 - Feuchteschutz und Bauwerksabdichtung*, 2018.
- [7] J. Schutz, *Architektur der Bauschäden: Schadensursache â Gutachterliche Einstufung â Beseitigung â Vorbeugung*, 2006.
- [8] J. Suda, *Bauen und Naturgefahren - Handbuch für konstruktiven Gebäudeschutz*. F. Rudolf-Miklau, 2012.
- [9] Landesregierung-Niederösterreich. (2010) Leitfaden für Naturnahe Oberflächenentwässerung für Siedlungsgebiete - Gemeinden.
- [10] M. H. and S. J., “Vereinheitlichte Schadensbeschreibung und Risikobewertung von Bauwerken unter extremen Naturgefahren,” *Bautechnik*, 2018.
- [11] Landesregierung-Steiermark. (2017) Leitfaden für Oberflächen-Entwässerung.
- [12] ON. (2015) ÖNORM EN 1253-1 : 2015 - Abläufe für Gebäude - Teil 1: Bodenabläufe mit Geruchverschluss mit einer Geruchverschlusshöhe von mindestens 50 mm. [Online]. Available: <https://lesesaal.austrian-standards.at>
- [13] J. Birkmann, “Globaler Umweltwandel, Naturgefahren, Vulnerabilität und Katastrophenresilienz, Raumforschung und Raumordnung,” *Raumforschung und Raumordnung - Spatial Research and Planning*, pp. 5–22, 2008.
- [14] ON, *ON (2009) ONR 24 800 - Schutzbauwerke der Wildbachverbauung - Begriffe und ihre Definition sowie Klassifizierung*, 2009.
- [15] J. Weber. (2019) Revision von Risiko. [Online]. Available: <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/risiko-44896/version-268200>
- [16] BMZ, “Katastrophenrisikomanagement,” 2015.

- [17] N. Zahnt, M. Eder, and H. Habersack, “Herausforderungen durch pluviale Überflutungen - Grundlagen, Schäden und Lösungsansätze,” *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, vol. 70, no. 1, pp. 64–77, 2018.
- [18] A. Bednar and C. Neuhold. (2018) Örok-Empfehlung Nr. 57 - Hochwasserrisikomanagement. [Online]. Available: <https://www.oerok.gv.at/publikationen/oerokempfehlungen.html>
- [19] P. Nisipeanu, “Starkregenereignisse - Rechts- und Finanzierungsfragen (Teil 1),” *Natur und Recht*, vol. 40, no. 11, pp. 753–760, 2018.
- [20] SIA, *Hochwasser - Wegleitung zur Norm SIA 261/1*, 2020.
- [21] SIA, *SIA D 0260 Entwerfen & Planen mit Naturgefahren im Hochbau*, 2019.
- [22] SIA, *FprSIA 261/1 - Einwirkungen auf Tragwerke - Ergänzende Festlegungen*, 2019.
- [23] H. Starl, “Interview Starl Fa. EPZ Linz,” 11.12.2019.
- [24] ElementarschadenPräventionszentrum-Linz, “Unterlagen für Naturgefarenevaluierung und Vergleichsbeispiel,” 2019.
- [25] Land-Oberösterreich. (2020) Doris - Digitales Oberösterreichisches Raum-Informationen-System. [Online]. Available: <https://www.doris.at/>
- [26] BMLRT. (2020) Hora - Natural Hazard Overview & Risk Assessment Austria. [Online]. Available: <https://www.hora.gv.at/>
- [27] BFW. (2019) eBOD - Bodenkarte. [Online]. Available: <https://bodenkarte.at>
- [28] BMLRT. (2020) Hora - Hochwasserrisikozonierung Austria - Version 2.0. [Online]. Available: [https://www.bmlrt.gv.at/wasser/schutz\\_or\\_naturgefahren/](https://www.bmlrt.gv.at/wasser/schutz_or_naturgefahren/)
- [29] BMLRT, “Weiterführende Information â Hochwasser,” 2011.
- [30] A. K. Pehamberger and M. H. Gerzabek, “Die Braunerde als häufigster Bodentyp Österreichs,” *Die Bodenkultur*, vol. 53, no. 60, p. 2, 2009.
- [31] E. Cziesielski, *Lufsky Bauwerksabdichtung*. Springer, 2006.
- [32] ÖWAV, “Praxisgerechte Rohrdurchführung vermeidet Gebäudeschäden,” *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, vol. 57, no. 7, pp. a40–a41, Jul 2005.
- [33] K. Mezera and H. Gartner, *Handbuch Baumängel und Bauschäden*. Wien: Linde, 2014.
- [34] H. Stadler, “Interview Stadler - Fa. Rascor Abdichtungen GmbH,” 31.07.2019.
- [35] M. Stahr, H. Kolbmüller, U. Wild, J. Weber, and F. Hensen, *Bausanierung*. Vieweg+Teubner, 2011.
- [36] M. Pröbster, *Baudichtstoffe - Erfolgreich Fugen abdichten*, 3rd ed., 2016.
- [37] MEA. (2019) Schutz vor Wasser. [Online]. Available: <https://www.meagroup.com/de/wp-content/uploads>



- [38] A. Pech and A. Kolbitsch, *Keller*. Birkhäuser, 2015.
- [39] BMLFUW, “Die österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel - Teil 2 - Aktionsplan,” 2017.
- [40] Baunetzwissen-Gebäudetechnik. (2020) Rückstauenebene. [Online]. Available: <https://www.baunetzwissen.de/glossar/r/rueckstauenebene-2440971>
- [41] ift Rosenheim, “Hochwasserschäden an Fenstern, Türen und Verglasungen - Schadensbilder und Sanierungsansätze,” 2014.
- [42] A. Nerz, “Interview Nerz - Fa. Pfb Rosenheim,” 15.05.2020.
- [43] ON, *ÖNORM B 3692: 2014 - Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen*, 2014.
- [44] ÖBV, *ÖBV Richtlinie - Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weiße Wannens*, 2009.
- [45] —, *ÖBV Merkblatt - Bentonitgeschützte Betonbauwerke - Braune Wannens*, 2010.
- [46] T. Platts, “Planungs- und ausführungsfelder bei der nachträglichen herstellung von abdichtungen erdberührter bauteile,” vol. Heft 9, 2005.
- [47] K. Asendorf, “Die behandlung von rissen in betonbauwerken,” *Bautenschutz und Bausanierung*, vol. 10, no. 2, 1987.
- [48] M. Fastabend, A. Eßer, B. Schücker, and M. Albert, “Weiße Wannens mit hochwertiger Nutzung - Chancen und Risiken im Hochbau,” vol. 105 (5), pp. 304–317, 2010.
- [49] Rascor-International. (2019) RASCOTec Injektionssysteme. [Online]. Available: <https://rascor.com/de/produkte/injektionssysteme/>
- [50] MEA-GROUP. (2019) Lichtschacht Meamultinorm und Meamax - auf Dämmung, Begehbar/PKW-Beefahrbar. [Online]. Available: <https://www.mea-group.com/de/wp-content/uploads>
- [51] R. Pollinger, “Rückstausicherungen - Grundlagen und Erfahrungen, Informationsreihe Betriebspersonal Abwasseranlagen à Folge 18,” 2010.
- [52] ON. (2000) ÖNORM EN 12056-1: 2000 12 01 - Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Teil 1: Allgemeine und Ausführungsanforderungen.
- [53] —. (2000) ÖNORM EN 12056-4: 2000 12 01 - Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Teil 4: Abwasserhebeanlagen - Planung und Bemessung.
- [54] —. (2017) ÖNORM B 5320: 2017 - Einbau von Fenstern und Türen in Wände - Planung und Ausführung des Bau- und des Fenster-/Türanschlusses.
- [55] —. (2017) ÖNORM EN 15651-1: 2017 - Fugendichtstoffe für nicht tragende Anwendungen in Gebäuden und Fußgängerwegen - Teil 1: Fugendichtstoffe für Fassadenelemente.
- [56] AquaLOCK. (2020) AquaLOCK - Tor und Tür. [Online]. Available: <https://aqualock.info/>

- [57] Landesregierung-Niederösterreich. (2010) Leitfaden für Naturnahe Oberflächenentwässerung für Siedlungsgebiete - Planung.
- [58] Umweltbundesamt-Österreich. (2019) Flächeninanspruchnahme. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/raumordnung/>
- [59] L. Röpke and J. Lippelt, "Kurz zum Klima: Bodenversiegelung in Deutschland und Europa," *ifo Schnelldienst*, vol. 67, no. 03, pp. 60–63, 2014.
- [60] D. Neumann, U. Hestermann, L. Rongen, and U. Weinbrenner, *Frick/Knöll Baukonstruktionslehre 2*. Springer, 2003.
- [61] MEA-GROUPS. (2020) Lichtschacht - Entwässerung: sicher und sauber. [Online]. Available: <https://www.mea-group.com/de/building-systems/lichtschacht/lichtschacht-entwaesserung/>
- [62] P. Mayr, "Interview Mayr - Allianz Versicherungen," 15.05.2020.
- [63] T. Aichhorn, "Interview Aichhorn - Allianz Versicherungen," 28.05.2020.
- [64] M. Pree, "Interview Pree - Oberösterreichische Versicherung," 12.06.2020.

## A. Elementarschaden-Risikoevaluierung & Kostenvergleichsbeispiel

## Siedlungsübersicht

M1:1000





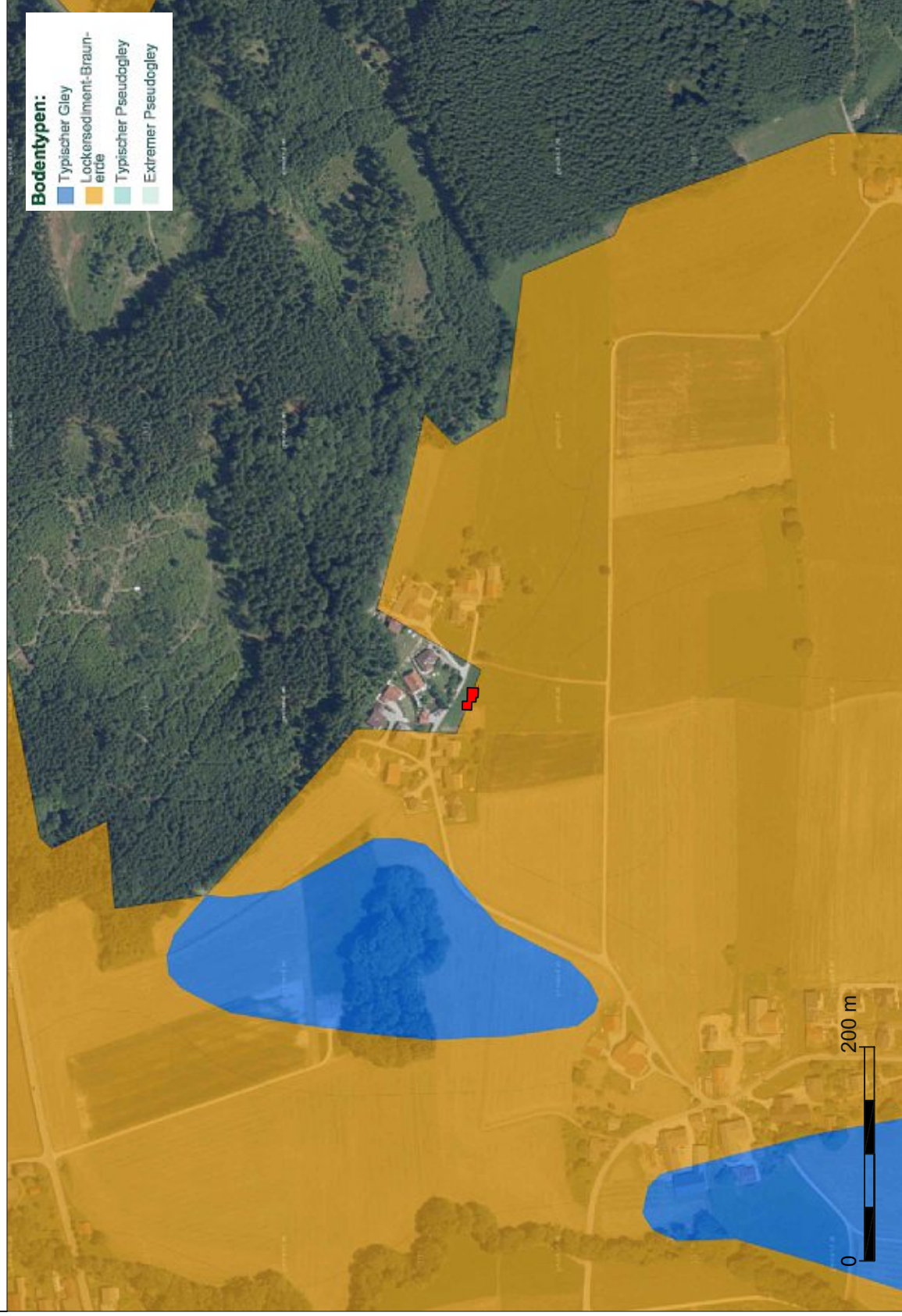




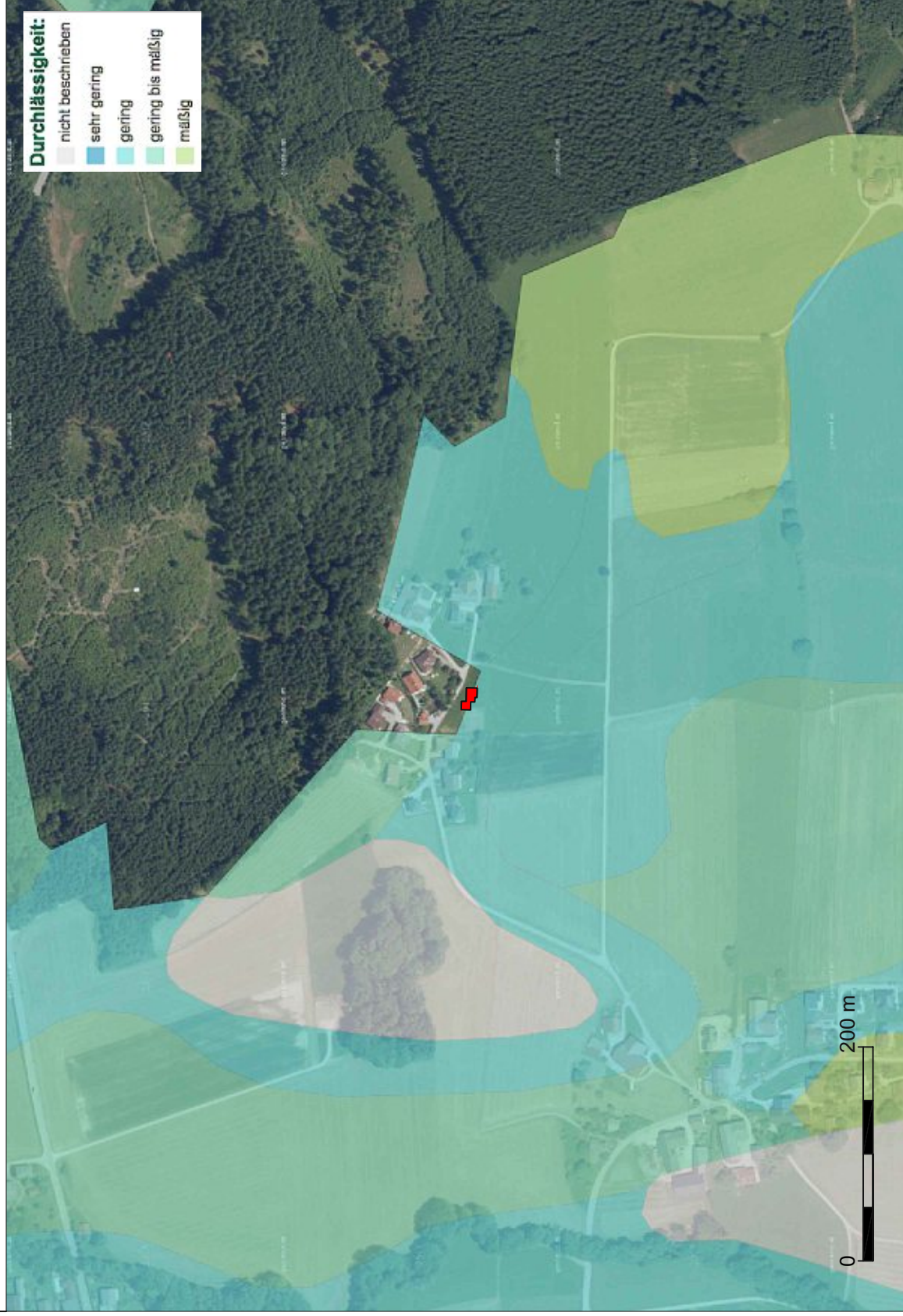




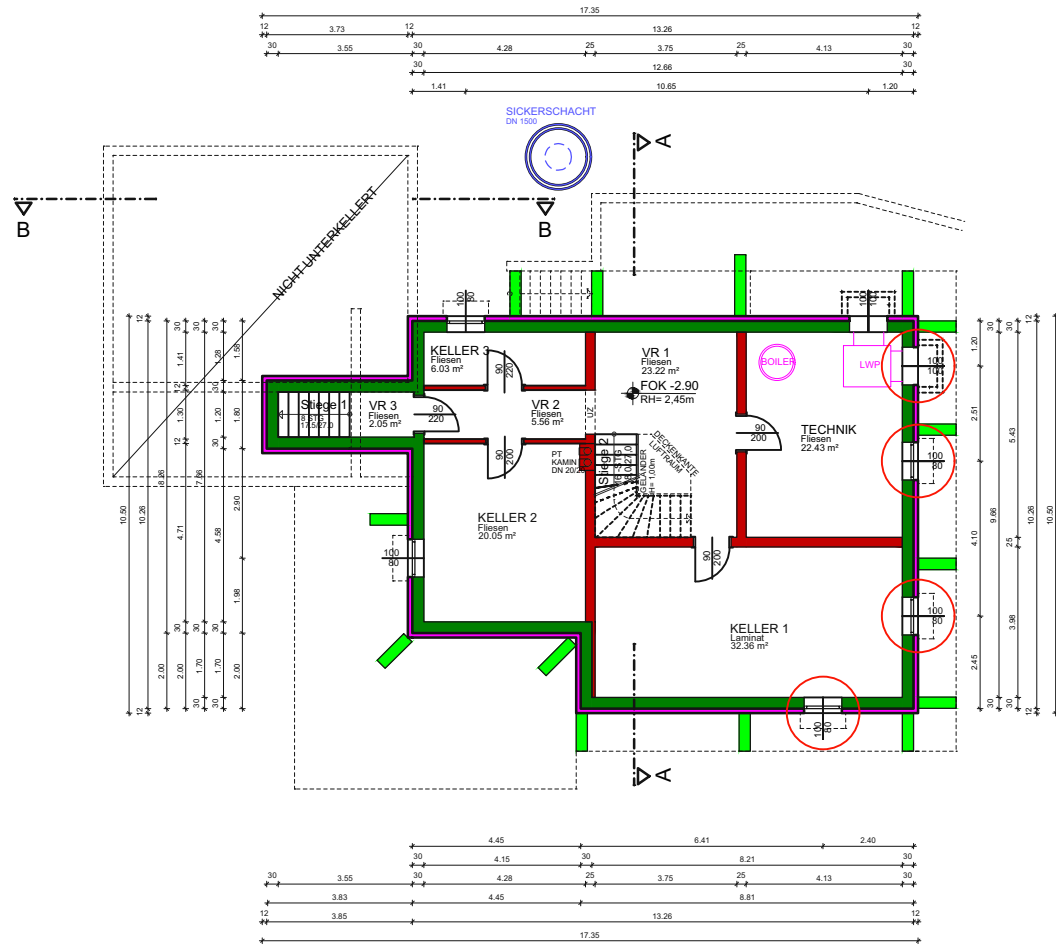
## eBOD - Bodentypen



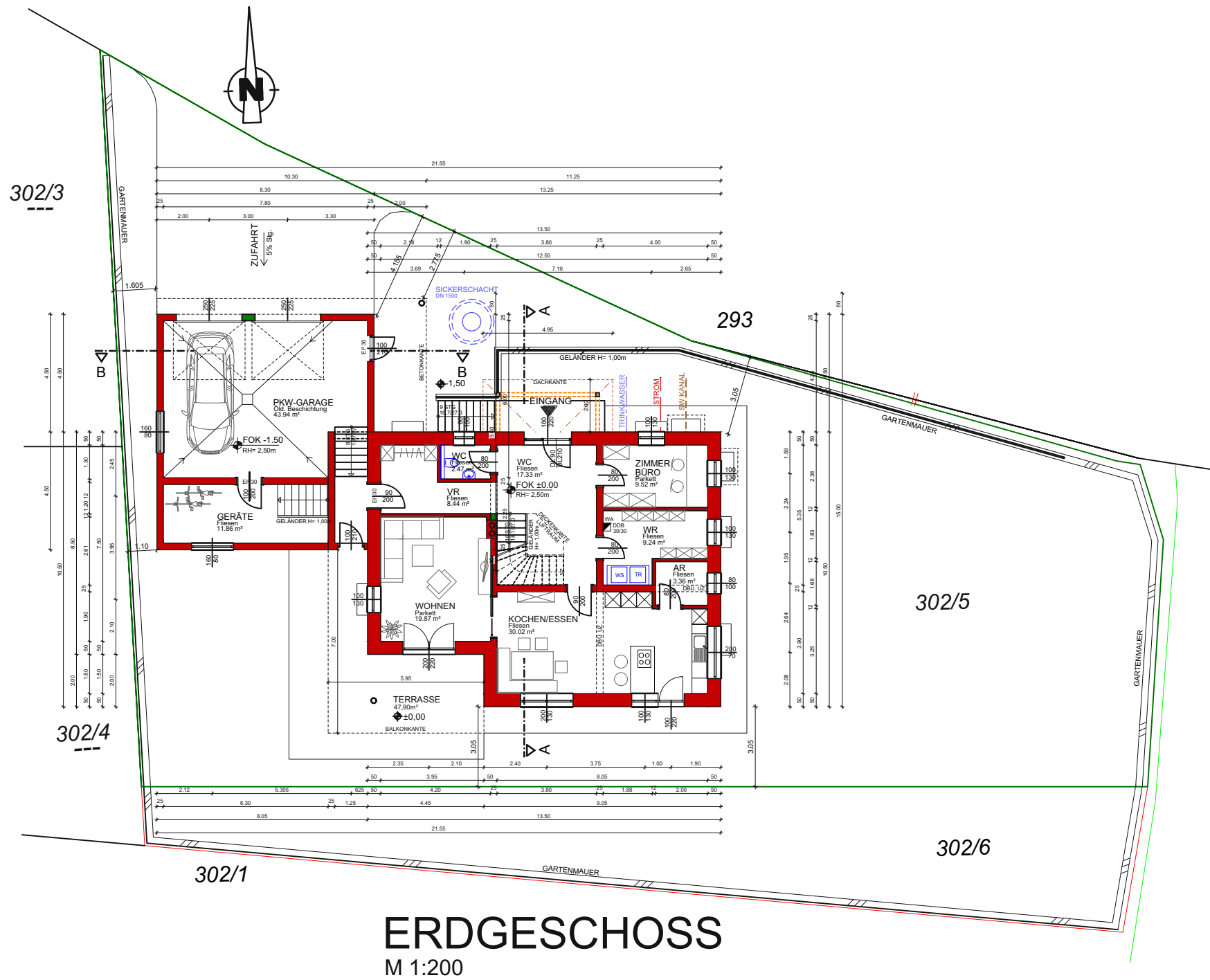
## eBOD - Durchlässigkeit (Versickerungsvermögen)







**KELLERGESCHOSS**  
 M 1:200



**ERDGESCHOSS**  
 M 1:200

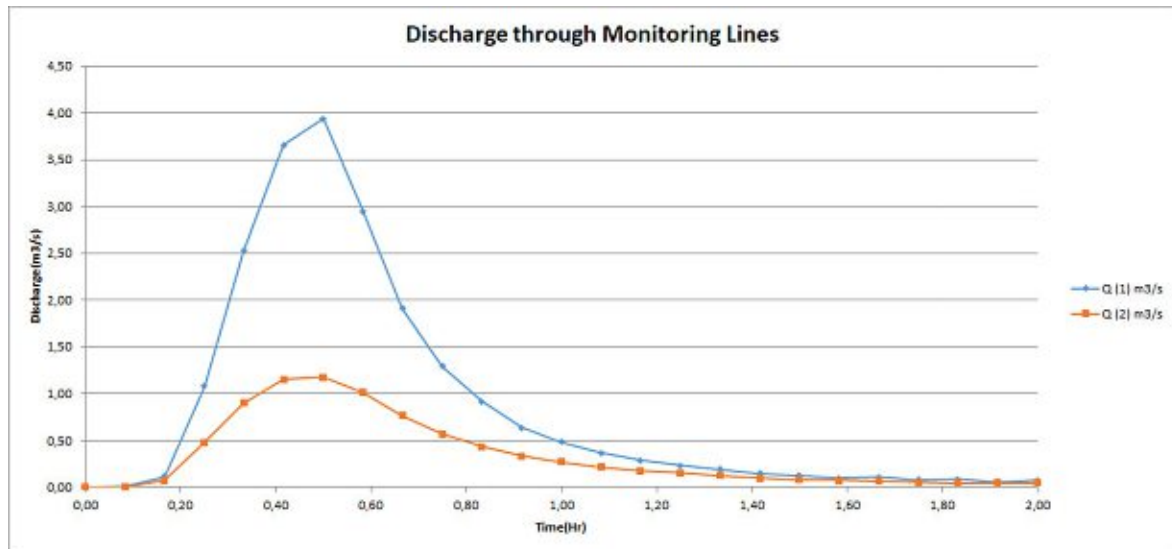
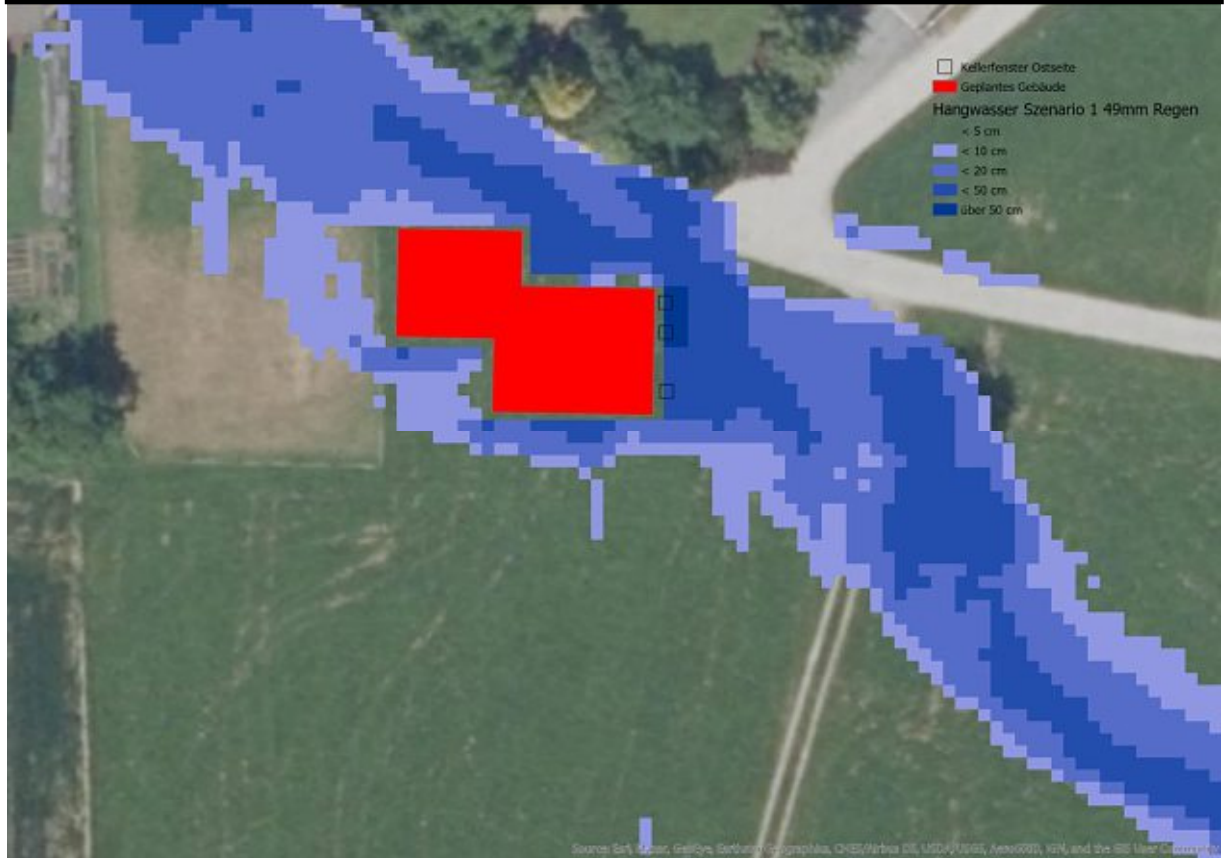






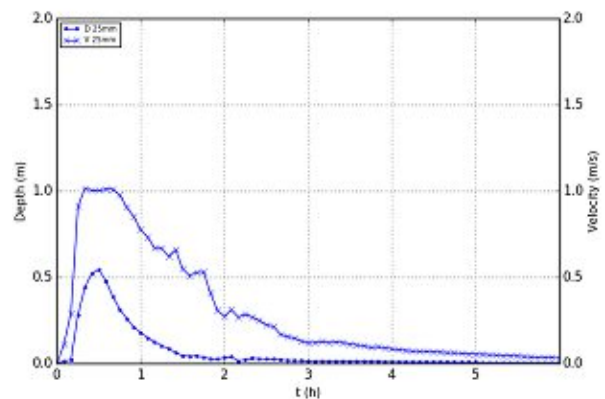
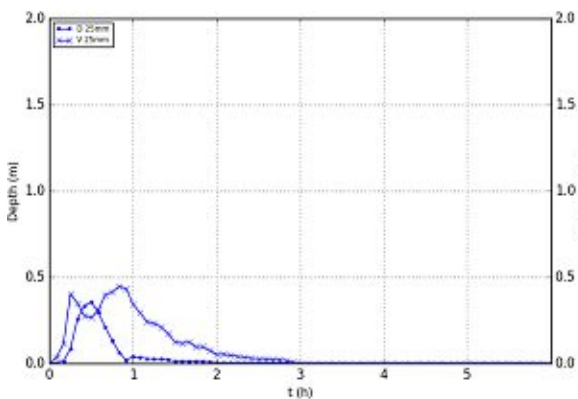


# Oberflächenwasserabflusssimulation – Szenario 1: Ursprungsgelände

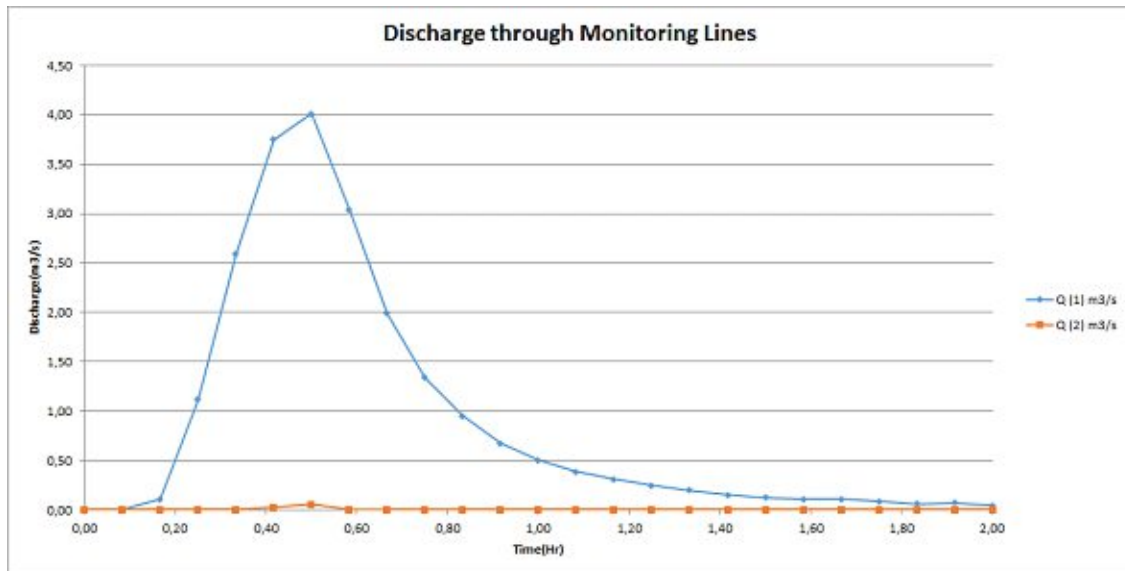
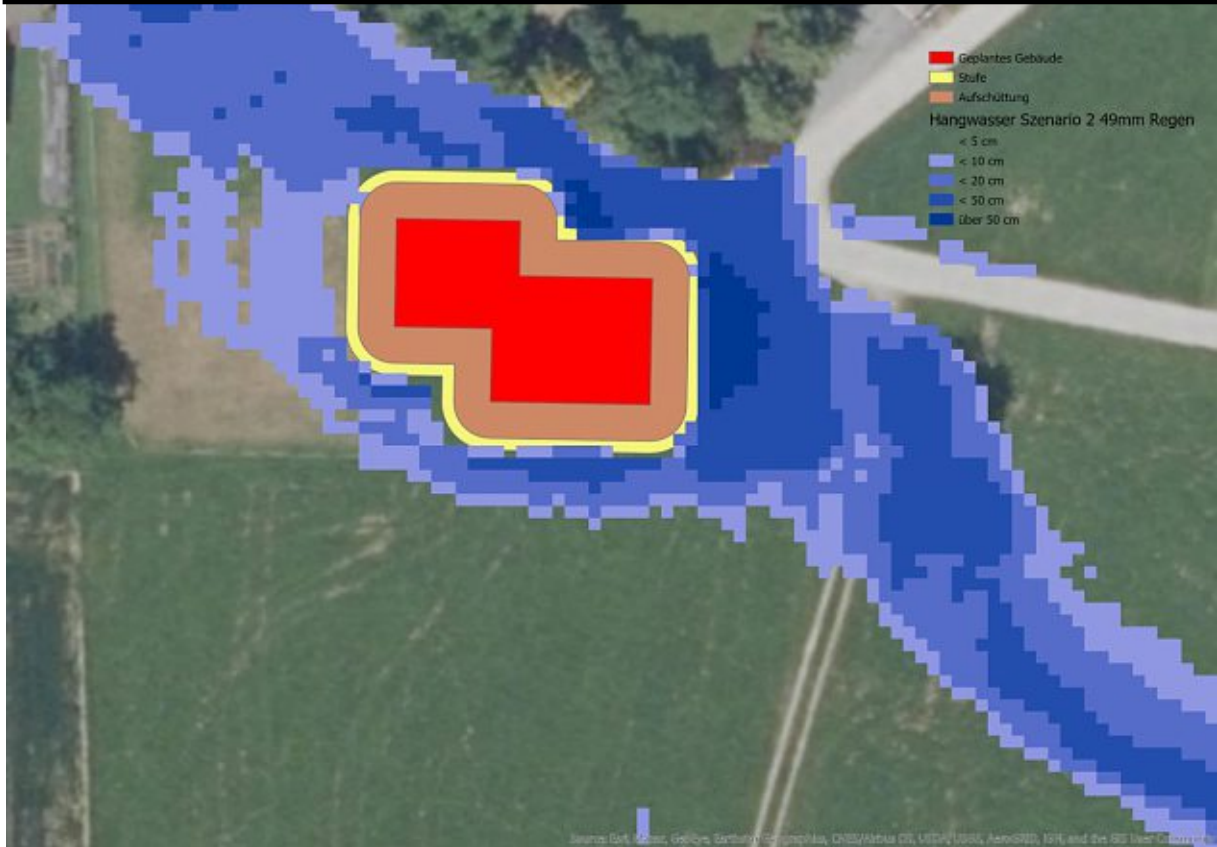


Depth-Velocity  
2

Depth-Velocity  
1



## Oberflächenwasserabflusssimulation - Szenario 2: Geländeaufschüttung



# Elementarschaden - Risikoevaluierung

## Allgemeine Angaben

Angaben zum Objekt:

Straße Nr. - Parz.Nr. 302/5, 302/6 Parz.Nr. -

PLZ - Stadt -

Objekttyp Gebäude

Privat oder Gewerblich privat

Gebäudetyp Einfamilienwohnhaus

Baujahr 1995 lt. Szenario für Vergleichsbsp.

Quadratmeter 111,70 m<sup>2</sup> (Kellerfläche)

Grundstücksfläche ~905m<sup>2</sup>

Keller

- Ja - teilweise
- Ja - voll unterkellert
- Nein

## Dokumentation der Gefahrenlage

### 1. Gefährdungspotenzial Flusshochwasser

Das Objekt liegt in einem Überflutungsgebiet:

- Ja - Name des Gewässers:
- In einem festgesetzten Überschwemmungsgebiet
- Nein

In einem Überflutungsgebiet der HWRM-RL Hochwassergefahrenkarten:

- Häufig: Wassertiefe m
- Mittel: Wassertiefe m
- Extrem: Wassertiefe m
- Nein

In einem geschützten Überflutungsgebiet (hinter einer Hochwasserschutzanlage) der HWRM-RL Hochwassergefahrenkarten:

- Häufig
- Mittel
- Extrem
- Nein

EPZ ELEMENTARSCHADEN PRÄVENTIONSZENTRUM

Petzoldstraße 45 • A-4021 Linz • Tel.: +43 (0)732 7617 - 874 • Fax.: +43 (0)732 7617 - 66874  
office@elementarschaden.at • elementarschaden.at • hagelregister.at

## Elementarschaden - Risikoevaluierung

Hora - Zone:

- HQ 30
- HQ 100
- HQ 300

Das Objekt liegt in Gewässernähe:

- Ja, direkt am Gewässer
- Ja, ca. 500 m, jedoch in geographisch tieferer Lage, liegt ein Fluss
- Nein

Höhe der Gebäudeöffnung über Gelände in Bezug auf die oben genannte Wassertiefe:

keine

Auswertung Gefahrenlage FLUSSHOCHWASSER – OHNE MAßNAHMEN:



Getroffene Vorsorgemaßnahmen:

Keine

EPZ  
ELEMENTARSCHADEN  
PRÄVENTIONSZENTRUM

# Elementarschaden - Risikoevaluierung

## 2. Gefährdungspotenzial Starkregen

Gefährdungslage:

Zufluss über das Feld auf der süd-östlichen Seite

Betroffene Gebäudeöffnung/Gebäudeteil:

Schon im Falle eines 100-jährlichen Hochwassers (entspricht etwa einem 30-jährlichem 30 Minuten Ereignis) ist das gesamte Gebäude vom Oberflächenabflusses des süd-östlich angrenzenden Feldes, mit einem großen Wassereinzugsgebiets in mittlerer Hangneigung (Hora: 5-25%), betroffen.

Sämtliche Kellerfenster, als auch das Garagentor, sind direkt betroffen.

In Abhängigkeit von der Einwirkungs- bzw. Abflussdauer können ebenfalls sämtliche Außentüren des Erdgeschoßes betroffen sein.

Höhe der tiefsten Gebäudeöffnungen unter dem Gelände in Bezug auf wild abfließendes Wasser aus Starkregen:

Kellerfenster-UK: -1,45m

Auswertung Gefahrenlage STARKREGEN - OHNE MAßNAHMEN



Getroffene Vorsorgemaßnahmen:

Sämtliche Türen, Fenster und Tore sind gegen Hochwasser- bzw. Hangwasserangriffe zu schützen

Falls möglich sollten die Garageneinfahrt und die Türeingänge mit einem Gefälle vom Gebäude weg ausgebildet werden

EPZ  
ELEMENTARSCHADEN  
PRÄVENTIONSZENTRUM



# Elementarschaden - Risikoevaluierung

## 3. Gefährdungspotential Kanalrückstau

Kanalanschluss vorhanden

- Ja
- Nein

Rückstausicherung/Hebeanlage vorhanden:

- Ja
- Nein

Auswertung Gefahrenlage KANALRÜCKSTAU – OHNE MAßNAHMEN:



Getroffene Vorsorgemaßnahmen:

keine (bei diesem Gebäude wurde standardmäßig ein Rückstauschutz eingebaut)

EPZ  
ELEMENTARSCHADEN  
PRÄVENTIONSZENTRUM

# Elementarschaden - Risikoevaluierung

## 4. Gefährdungspotential Grundhochwasser

Sind mittlere Grundwasserstände bekannt?

- Ja
- Mittlerer Flurabstand Nicht bekannt/nicht eruierbar m unter GOK
- Kleinster Jahres-Flurabstand ... m unter GOK
- Nein

Sind Grundwasserstände bei Hochwasser bekannt?

- Ja
- Kleinster beobachter Flurbestand m unter GOK
- Nein

Auswertung Gefahrenlage GRUNDHOCHWASSER- OHNE MABNAHMEN:



Getroffen Vorsorgemaßnahmen:

Aus den Nachbarbefragungen geht hervor, dass im Evaluierungsgebiet keine Grundwasserprobleme bzw. -hochstände bekannt sind.

EPZ  
ELEMENTARSCHADEN  
PRÄVENTIONSZENTRUM

## Elementarschaden – Risikoevaluierung

### Maßnahmen STARKREGEN

	Maßnahmen	Für das Objekt ZUTREFFEND	Am Objekt REALISIERT	Zur Realisierung empfohlen
1	Regenrinnen nach Standard Dimensionierung, regelmäßige Reinigung)			
2	Zusätzlich möglich: Staumulden zur Großflächigen Versickerung			
3	Hochzüge für Gebäudeöffnungen			
4	Erhöhungen an Lichtschächten			X
5	Schwelle vor Türen oder Türenabgängen			
6	Mobiler Hochwasserschutz vor Gebäudeöffnungen			
7	Gebäudeöffnungen sind wasserdicht			X
8	Druckdichte Türen			
9	Druckdichte Fenster			X
10	Kellerfenster- und türen druckdicht			
11	Baumaterialien wie Dämmstoffe, Verputz Bodenbelege etc. gegen Aufquellen, Wasserdruckdicht			
12	Strömungsabweiser (z.B Mauer)			
13	Mobiler Hochwasserschutz um das Gebäude			
14	Maßnahmen gegen Unterspülung der Fundamente			
15	Keine Lagerung von Gegenständen oder wassergefährdeten Stoffen in Gewässernähe			
16	Gegenstände aus dem Keller herausnehmen			
17	Gegenstände, im Keller aufständern, gegen Fortschwimmen sichern			
18	Heizöltank gegen Aufschwimmen sichern			
19	Heizunginstallationen ausreichend hoch			
20	Teures Inventar im Erdgeschoß erhöht lagern			X
21	Elektro- Kommunikationseinrichtungen ausreichend hoch			
22	Verkabelungen liegen nicht im Hochwasserbereich			
23	Sickerschächte gewartet			X
24				
	Maßnahmenbilanz			

## Elementarschaden – Risikoevaluierung

Fortsetzung Maßnahmen STARKREGEN

Erfüllte Maßnahme: [hochwasserbeständige Kellerfenster](#) von [Abdichtungsfirma](#)

Anzahl Punkte: [4 Kellerfenster](#)

Gefahrenlage STARKREGEN – nach getroffenen Maßnahmen:



Datum: [xx.xx.xxxx](#) Unterschrift Prüfer

Gefahrenlage STARKREGEN – nach getroffenen Maßnahmen

Weitere Notizen:

[Hochwasserdichte Kellerfenster ersetzen die veralteten Kellerfenster](#)

**Kelleraufnahme:**

Räume			
Höhe [m]:		2,45	
Raum	Fläche	Umfang	Bodenart
	[m <sup>2</sup> ]	[m]	
VR 1	23,22	15,63	Fliesen
VR 2	5,56	11,16	Fliesen
VR 3	2,05	5,82	Fliesen
Keller 1	32,36	24,22	Parkett
Keller 2	20,05	17,98	Fliesen
Keller 3	6,03	11,38	Fliesen
Technik	22,43	19,12	Fliesen
Summe	111,70	105,31	

Türen			
Nummer	Breite	Höhe	Fläche
	[cm]	[cm]	[m <sup>2</sup> ]
1	90	220	1,98
2	90	220	1,98
3	90	200	1,80
4	90	200	1,80
5	90	200	1,80

Fenster			
Nummer	Breite	Höhe	Fläche
	[cm]	[cm]	[m <sup>2</sup> ]
1	100	80	0,80
2	100	100	1,00
3	100	100	1,00
4	100	80	0,80
5	100	80	0,80
6	100	80	0,80
7	100	80	0,80



Positions-Nr.	Positionstext	Preisart	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis
<b>01</b>	<b>Injektionsarbeiten</b>				
01 01	Einsatzpauschale bis 100km Entfernung	PA	305,00 EUR	1	305,00 EUR
01 08	Injektionsarbeiten an Wandrissen (Ortbeton)	lfm	190,00 EUR	2	380,00 EUR
01 09	Injektionsarbeiten an Schallankerlöcher	Stk	55,00 EUR	1	55,00 EUR
01 10	Injektionsarbeiten an Rohrdurchführung bis DM 100 mm	Stk	265,00 EUR	1	265,00 EUR
01 11	Injektionsarbeiten an Rohrdurchführung bis DM 150 mm	Stk	315,00 EUR	2	630,00 EUR
				Summe:	1635,00 EUR
<b>02</b>	<b>Hochwasserschutzfenster</b>				
02 01	Fahrtkostenpauschale bis 50km	PA	105,00 EUR	1	105,00 EUR
02 04	ACO-Hochwasserschutzfenster ACO 100/75/20-3.0	Stk	2430,00 EUR	4	9720,00 EUR
				Summe:	9825,00 EUR
<b>Gesamtsumme:</b>					<b>11460,00 EUR</b>

**Schadenssanierung Fa Mibag (inkl. Subunternehmen)**

Pos.-Nr.	Positionstext	Preisart	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis	Bemerkungen
<b>00</b>	<b>Wasserschadenssanierung</b>					
<b>01</b>	<b>Entfeuchtungsmaßnahmen + Leckortung</b>					
<b>01 01</b>	<b>Künstliche Austrocknung</b>					
01 01 02	Raumlüftung					
01 01 02 A	Raumtrocknung für den 1. Raum (max. 20 m <sup>2</sup> )	PA	300,00 EUR	1	300,00 EUR	
01 01 02 B	Raumtrocknung für weiteren Raum (max. 20 m <sup>2</sup> )	PA	200,00 EUR	4	800,00 EUR	
<b>01 02</b>	<b>Nebenleistungen</b>					
01 02 01	Ortung Fußbodenheizung					
01 02 01 A	Ortung Fußbodenheizung für Entfeuchtung	PA	155,00 EUR	1	155,00 EUR	
01 02 02	Fliesenabhebung					
01 02 02 A	Fliesenabhebung zerstörungsfrei	ST	28,50 EUR	20	570,00 EUR	
01 02 02 B	Reinigung und Wiederverlegung Fliese	ST	32,50 EUR	20	650,00 EUR	
<b>01 03</b>	<b>Leckortung</b>					
01 03 01	Technische Leckortung	PA	340,00 EUR	1	340,00 EUR	
010302	Optische Leckortung	PA	205,00 EUR	1	205,00 EUR	
<b>02</b>	<b>Bodenbeläge</b>					
<b>02 02</b>	<b>Bodenbeläge Verlegearbeiten</b>					
02 01 03	Laminat/Fertigparkett (schwimmend) ab 10,1 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	19,50 EUR	32,36	631,02 EUR	
<b>02 03</b>	<b>Bodenversiegelung inkl. Material</b>					
02 03 05	Sesselleisten abbrechen+ entsorgen, liefern	lfm	9,80 EUR	24,22	237,36 EUR	
<b>02 04</b>	<b>Bodenbeläge Material</b>					
02 04 01	Material "Standard" liefern inkl.Verschnitt					
02 04 02	Laminat "Standard"	m <sup>2</sup>	16,10 EUR	32,36	521,00 EUR	
<b>02 05</b>	<b>Bodenbeläge Professionistenpreise</b>					
02 05 01	Bodenleger Facharbeiter	Std	44,00 EUR		0,00 EUR	
02 05 02	Bodenleger Helfer	Std	38,00 EUR		0,00 EUR	
<b>03</b>	<b>Malerei und Tapezierung</b>					
03 03	Malerei					

03 03 03	Malerei ab 30,1 m <sup>2</sup> zu malende Fläche 100%/WE	m <sup>2</sup>	12,40 EUR	369,71	4584,40 EUR
<b>03 08</b>	<b>Maler/Tapezierer Professionistenpreise</b>				
03 08 01	Maler/Tapezierer Facharbeiter	Std	42,00 EUR		0,00 EUR
03 08 02	Maler/Tapezierer Helfer	Std	37,00 EUR		0,00 EUR
<b>04</b>	<b>Fliesenleger</b>				
<b>04 01</b>	<b>Fliesenleger Kleinflächen</b>				
04 01 01	Fliesen Standard Kleinflächenpau. Bis 1 m <sup>2</sup>	PA	250,00 EUR	1	250,00 EUR
<b>04 04</b>	<b>Fliesenleger Material</b>				
04 04 01	Fliesen "Standard" liefern inkl. Verschnitt	m <sup>2</sup>	17,00 EUR		0,00 EUR
<b>04 05</b>	<b>Fliesenleger Professionistenpreise</b>				
04 05 01	Fliesenleger Facharbeiter	Std	44,00 EUR		0,00 EUR
04 05 02	Fliesenleger Helfer	Std	38,00 EUR		0,00 EUR
<b>05</b>	<b>Trockenbau / Baumeister</b>				
<b>05 02</b>	<b>Verlegearbeiten Decke/Wand</b>				
05 02 10	Wand- u. Deckenputz abschlagen u. entsorgen	m <sup>2</sup>	17,50 EUR	21	367,50 EUR
05 02 11	Wand- u. Deckenputz grob u. fein herstellen	m <sup>2</sup>	44,00 EUR	21	924,00 EUR
<b>05 03</b>	<b>Verlegearbeiten Boden</b>				
05 03 01	Estrich abbrechen, vertragen (bis max. 2 m <sup>2</sup> )	PA	300,00 EUR	1	300,00 EUR
<b>05 04</b>	<b>Außenarbeiten</b>				
05 04 01	Fassadenarbeiten: Spachteln, Vernetzen	m <sup>2</sup>	39,20 EUR	22	862,40 EUR
05 04 02	Fassadenarbeiten: Außendispersion/Silikatfarbe	m <sup>2</sup>	20,90 EUR	22	459,80 EUR
05 04 03	Faschen/Lisenen/Gesimse	lfm	7,90 EUR	6	47,40 EUR
<b>05 05</b>	<b>Gerüst (exkl. Fahrtkosten)</b>				
05 05 01	Roll-/Standgerüst bis 5 m Arbeitshöhe	PA	150,00 EUR		
<b>05 06</b>	<b>Trockenbau/Baumeister Professionistenpreise</b>				
05 06 01	Trockenbau/Baumeister Facharbeiter	Std	44,00 EUR		
05 06 02	Trockenbau/Baumeister Helfer	Std	38,00 EUR		
<b>08</b>	<b>Subunternehmerleistungen</b>				
08 01 01	Zuschlag für Subunternehmerleistungen	VE	0,07 EUR		361,83 EUR
					12566,70 EUR
					Summe Wasserschaden



## Einrichtung

Gegenstände	Preisart	Einheitspreis	Menge	Gesamtpreis	Notizen
<b>Partyraum:</b>					
Küche inkl. Kühlschrank	PA	2000,00 EUR	1	2000,00 EUR	
<b>Gegenstände in Küche:</b>					
Lebensmittel	PA	100,00 EUR	1	100,00 EUR	Schätzwert
Sessel 8 Stk	ST	80,00 EUR	8	640,00 EUR	günstig
Esstisch	ST	400,00 EUR	1	400,00 EUR	günstig
Coutsch	ST	1000,00 EUR	1	1000,00 EUR	mittelklassig
Coutsch Tisch	ST	400,00 EUR	1	400,00 EUR	mittelklassig
Teppiche	ST	150,00 EUR	2	300,00 EUR	günstig
Holz Kiste	ST	100,00 EUR	1	100,00 EUR	günstig
Bar Holz	ST	600,00 EUR	1	600,00 EUR	mittelklassig
Barhocker	ST	50,00 EUR	3	150,00 EUR	günstig
<b>Technikraum:</b>					
Waschmaschine	ST	400,00 EUR	1	400,00 EUR	mittelklassig
Trockner	ST	400,00 EUR	1	400,00 EUR	mittelklassig
Wärmepumpenservice	ST	500,00 EUR	1	500,00 EUR	Schätzwert
<b>Vorraum:</b>					
Kommode	ST	200,00 EUR	1	200,00 EUR	günstig
Gardarobenkasten	ST	200,00 EUR	1	200,00 EUR	günstig
<b>Lagerraum:</b>					
Kästen	ST	300,00 EUR	3	900,00 EUR	mittelklassig
Sessel	ST	100,00 EUR	1	100,00 EUR	mittelklassig
<b>Elektrogeräte:</b>					
Akkuschrauber	ST	150,00 EUR	1	150,00 EUR	mittelklassig
Stichsäge	ST	130,00 EUR	1	130,00 EUR	mittelklassig
Handhobel	ST	80,00 EUR	1	80,00 EUR	günstig
Kappsäge	ST	200,00 EUR	1	200,00 EUR	günstig
Flex	ST	60,00 EUR	1	60,00 EUR	günstig
Gefriertruhe Inhalt	PA	100,00 EUR	1	100,00 EUR	Schätzwert
Gefrierschrank	ST	350,00 EUR	1	350,00 EUR	günstig
Kleidung (Schuhe)	ST	80,00 EUR	3	240,00 EUR	mittelklassig
<b>Kellersanitärraum:</b>					
Waschtisch	ST	100,00 EUR	1	100,00 EUR	günstig

**9800,00 EUR** Einrichtungskosten