



universität
wien

MASTER THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Waldbrand - Risikomanagement im WUI (wildland urban
interface) am Beispiel Biosphärenpark Wienerwald

verfasst von / submitted by

Christian Hoffmann

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2022 / Vienna 2022

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

UA 992 242

Universitätslehrgang lt. Studienblatt /
Postgraduate programme as it appears on
student record sheet:

Risikoprävention und Katastrophenmanagement

Betreut von / Supervisor:

Priv.-Doz. DI Dr. Florian Rudolf-Miklau

Danksagung

Mein Dank gebührt dem Betreuer meiner Masterthesis, Herrn DI Dr. Florian Rudolf- Miklau, für die hilfreichen Bemerkungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit.

Ebenfalls möchte ich mich bei DI Dr.rer.nat. Mortimer Müller und Ao.Univ.Prof. DI Dr.nat.techn. Harald Vacik von der Universität für Bodenkultur Wien für die wissenschaftliche Unterstützung bedanken.

Für die Zurverfügungstellung seiner gesammelten Fachliteratur, sowie die anregenden Diskussionen und Gespräche als Feuerwehrmann bedanke ich mich mit diesen Zeilen bei einem meiner prägendsten Vorgesetzten als Offizier der Wiener Berufsfeuerwehr, Herrn Oberbrandrat DI Alexander Steiner.

Kurzfassung:

Die Waldbrandforschung in Österreich untersucht derzeit die Auswirkungen des Klimawandels mit verlängerten Trockenperioden, sowie die Änderung der Waldbrandcharakteristik mit intensiveren Brandereignissen, aufgrund der Nutzungsänderung, weg vom industriell bewirtschafteten Nutzungsraum, hin zu einer Biosphäre mit Erholung und Naturschutz im Vordergrund. Dabei werden internationale Vergleichsdaten für die Abschätzung einer Entstehungs- und Ausbreitungsgefährdung angewendet und neue Modelle (interaktive Karten) zur Darstellung entwickelt. In Nordamerika ist in den letzten Jahrzehnten vor allem der Bereich des Wildland Urban Interface (kurz: WUI) in den Fokus der Forschung gerückt, welcher den Interaktionsraum zwischen durchgehender Waldvegetation und urbanem Lebensraum definiert. In diesem Bereich hat ein Waldbrand die größte Gefahr bzw. das Potential Schäden (an Menschen und Sachwerten) zu verursachen. In der gegenständlichen Arbeit wurde unter Verwendung quantitativer und qualitativer Methoden, internationale Vergleichsdaten ausgewählt und untersucht, welche für die Festlegung und Typologie des WUI in Österreich verwendet werden können. Mit der Durchführung einer systematischen Sicherheitsbeurteilung als Teil eines Risikomanagements (Waldbrandmanagement) wurden die jeweiligen Gebäude- und Siedlungsstrukturen im WUI mithilfe einer Risikoanalyse beurteilt und Maßnahmen der Risikobehandlung gesetzt, um ein akzeptiertes Sicherheitsniveau zu erreichen. Dies wurde anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels, dem Biosphärenpark Wienerwald im Bereich von Bad Vöslau (Niederösterreich), verifiziert.

Als Forschungsergebnis kann festgehalten werden, dass das WUI auch in Ostösterreich ein vulnerabler Bereich hinsichtlich der Gefährdung durch Waldbrandereignisse ist und durch die Ermittlung von Kennwerten und Parametern eine Einordnung der Gefährdung, als Bestandteil eines Waldbrandmanagement-Prozesses, getroffen werden kann.

Schlüsselwörter: *Waldbrand, Vegetationsbrand, Wildland- Urban Interface, WUI, Waldbrandmanagement, Waldbrandcharakteristik, Risikomanagement, Wienerwald, Risikoanalyse, Risikobewertung;*

Abstract:

The Austrian forestfire research community is actually working on the effects of the climate change and the increase of the fire-intensity as a result of the change in use of the forest. There are less woodproduction processes but more use as a recreational forest. This means that there will be more fuel for a wildfire than before. International science data of forestfires is useful to understand the ignition and spread of wildfires. In North America is the Wildland Urban Interface (WUI) on the main focus, because this is the place that causes the most damage and loss of life in former wildfires.

The international data and parameters for the WUI were methodically proven to define a standard for the WUI in the eastern Austrian alps in this thesis. A systematically safety assessment as a part of a risk management process was used to identify the houses and

structures in vulnerable areas. A verification of this method was done on an example in the area of the Biosphärenpark Wienerwald in Bad Vöslau (Lower Austria).

The result of the research process was, that the WUI in the forest areas of East Austria is also a vulnerable area for wildfires and an area with higher risks for human life and the infrastructure. An applied safety assessment can identify and reduce the risks, to achieve an accepted level of security.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund	1
1.2	Herausforderung	3
1.3	Zielsetzung der Masterarbeit	4
2	Hypothesen	5
2.1	Hypothese 1 - WUI des Wienerwaldes	5
2.1.1	Forschungsfragen	5
2.2	Hypothese 2 - Waldbrandmanagement	5
2.2.1	Forschungsfragen	5
3	Methoden	7
3.1	Beurteilung der Waldbrandcharakteristik	7
3.1.1	Abgrenzung der Waldbrandthematik: Rechtslage und Definition . . .	7
3.1.2	Identifikation von Gefahren und Risiken	7
3.2	Vergleichsdaten	8
3.3	Beschreibung eines beispielhaften Waldbrandmanagementvorganges im WUI	8
3.3.1	Durchführung einer Sicherheitsbeurteilung	8
3.3.2	Festlegung eines Untersuchungsraumes	8
3.3.3	WUI im Untersuchungsraum	9
3.3.4	Gefährdungsabschätzung	9
3.3.5	Gefahreninventar	9
3.3.6	Risikoanalyse und Risikobewertung	9
3.3.7	Risikobehandlung	10
3.4	Schlussfolgerung	10
4	Daten	11
4.1	externe Daten	11
4.1.1	WUI Definition: internationale Vergleichsdaten	11
4.1.2	Waldbrandrisiko	11
4.1.3	Bevölkerungsdaten	12
4.1.4	Gebäudedaten	12
4.2	interne Daten	12
4.2.1	Drohnenbefliegung	12

5	Die Charakteristik eines Waldbrandes	13
5.1	Rechtslage und Definitionen	13
5.1.1	Definition: Waldbrand	15
5.1.2	Definition: Waldbrand- Arten	15
5.1.3	Definition: Waldbrand- Kategorien	16
5.2	Begriffe: Gefahr und Risiko	17
5.3	Systeme zur Erfassung und Einstufung der Gefährdung	18
5.3.1	Waldbrandgefahr	18
5.3.2	Waldbrand- Gefährdungsstufen	19
5.3.3	Waldbrandrisiko	19
5.3.4	Modelle	20
5.4	Die Charakteristik eines Waldbrands im WUI	23
5.4.1	Brandentstehung	23
5.4.2	Brandverhalten- Ausbreitung und Intensität	23
6	Das Wildland- Urban Interface des Biosphärenparks Wienerwald	25
6.1	Forschungsstand und internationale Vergleichsdaten	25
6.1.1	Nordamerika	25
6.1.2	Australien	29
6.1.3	Europa	31
6.1.4	Österreich	36
6.2	WUI Wienerwald - methodische Anwendung	36
6.2.1	Festlegung des WUI Interaktionsraumes	36
6.2.2	Erhebung der WUI Typologie	37
6.2.3	Feuerentstehungsdichte und Verbrennungsflächenrate (Verlustrate)	37
6.2.4	Gefährdungsabschätzung	39
7	Waldbrandmanagement - Ein Risikomanagementprozess	41
7.1	Durchführung einer Sicherheitsbeurteilung	41
7.2	WUI Definition im Untersuchungsraum	42
7.2.1	Biosphärenpark Wienerwald - vom großen in den kleinen Maßstab	42
7.2.2	Der Harzberg in Bad Vöslau	44
7.2.3	Darstellung des WUI	46
7.3	Anwendung der Vergleichsdaten im Untersuchungsraum	47
7.3.1	WUI Typen im Untersuchungsraum	47
7.3.2	Modell für die Abschätzung der Entstehung und Ausbreitung	47
7.4	Das Gefahreninventar im WUI	49
7.5	Festlegung des Schutzziels	49
7.6	Risikoanalyse und Risikobewertung	51
7.7	Maßnahmen der Risikobehandlung	52
7.7.1	Maßnahmen der Risikobehandlung für den Gefahrenbereich G15	55
8	Schlussfolgerung	57
8.1	Forschungserkenntnisse	57

8.2	Beantwortung der Forschungsfragen	58
8.2.1	zu Forschungsfrage 1	58
8.2.2	zu Forschungsfrage 2	59
9	Ausblick	61
A	Planmaterial	67
A.1	Kartendarstellung: Biosphärenpark Wienerwald	69
A.2	Teil 1: Bebauungs- und Raumordnungsplan der Stadtgemeinde Bad Vöslau - Stand: März 2021	71
A.3	Teil 2: Bebauungs- und Raumordnungsplan der Stadtgemeinde Bad Vöslau - Stand: März 2021	73
A.4	Darstellung: Gebäude im WUI	75
A.5	Darstellung: WUI mit Gruppen	77
B	Daten	79
B.1	Gefahreninventar und WUI- Typenzuordnung	81
C	Grafiken und Skizzen	83
C.1	WUI- Typendarstellung	85
D	Bilddokumentation	87
E	Skizzen	95

Tabellenverzeichnis

5.1	Waldbrangefährdungsklassen (vgl.: Müller 2018)	19
5.2	Brennstoffklassen (Quelle: aus Vacik & Müller 2022)	24

Abbildungsverzeichnis

0.1	Waldbranddarstellung auf Postkarte nach Originalen von F.X. Schmidt . . .	XVII
1.1	Waldbrand Piesting 01.01.1984; (Quelle: Aufnahme von Otto Langer)	2
5.1	Darstellung von Gefahr und Risiko (Quelle: https://www.eufic.org)	17
5.2	Waldbrand- Risikokarte (Quelle: https://www.naturgefahren.at)	20
5.3	Interpretation des kanadischen FWI (eigene Darstellung, adaptiert aus: Adams & Attiwill 2011)	21
6.1	Definition- Interface WUI und Intermix WUI (Quelle: Stein et al. 2013: 11, Abb. 2b)	26
6.2	The 2010 Wildland-Urban Interface of the Conterminous United States (Quelle: Volker C. Radeloff, University of Wisconsin- Madison)	27
6.3	Die „Bushfire Abatement Zone“ rund um Canberra (Quelle: Amundson et al. 2019: 18)	29
6.4	Hierarchie der Maßnahmen (Quelle: Amundson et al. 2019: 19)	30
6.5	Untersuchungsraum Südfrankreich (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 4) . .	31
6.6	Darstellung der WUI- Typologie (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 10) . . .	32
6.7	Darstellung des WUI im Untersuchungsraum (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 9)	34
6.8	prozentuale Verteilung der WUI- Kategorien im Untersuchungsraum (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 11)	34
6.9	Darstellung der Feuerentstehungsdichte und der Verbrennungsflächenrate im WUI (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 13)	35
6.10	Übersicht der 12 WUI- Typen (eigene Darstellung, abgeleitet von: Lampin-Maillet et al. 2009: 10)	37
7.1	Prozessdarstellung der Sicherheitsbeurteilung im WUI	41
7.2	Karte der Alpenregion auf NUTS-3-Ebene (Quelle: Müller et al. 2020: 12) . .	42
7.3	Biosphärenpark Wienerwald mit hervorgehobenem Untersuchungsraum (Quelle: https://www.bpww.at)	43
7.4	Untersuchungsraum - Google Earth (Quelle: https://earth.google.com/web) .	44
7.5	Untersuchungsraum - Open Street Map (Quelle: https://www.openstreetmap.org)	44
7.6	Wanderwege und somit menschliche Präsenz im Biosphärenpark	45
7.7	Föhrenwald, Blick Richtung Osten/ Stadtgebiet	46
7.8	berechnete Gefahrenzonenkarte (Quelle: https://www.waldbrand.at)	48

7.9	Risikomatrix nach ALARP-Prinzip für den Untersuchungsraum „WUI- Biosphärenpark Wienerwald/ Abschnitt Harzberg Bad Vöslau“	51
7.10	Kanadische Waldbrandstrategie - 10 Jahresplan, Titelblatt (Quelle: Canadian Council of Forest Ministers Wildland Fire Management Working Group 2016: 1)	54
7.11	Drohnenaufnahme des Gefahrenbereiches Nr. G15 am Südhang des Harzberges in Bad Vöslau	55
7.12	Risikomatrix nach durchgeführter Risikobehandlung „WUI- Biosphärenpark Wienerwald/ Abschnitt Harzberg Bad Vöslau“	56
9.1	nationale Richtlinie für WUI- Feuerereignisse (Quelle: Bénichou et al. 2021: Titelseite)	62
D.1	Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 6	89
D.2	Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 8	89
D.3	Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 9	90
D.4	Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 9 und Nr. 10	90
D.5	Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 11	91
D.6	Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 11 und Nr. 12	91
D.7	Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 12	92
D.8	Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 14 und Nr. 15	92
D.9	Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 15- Teil 1	93
D.10	Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 15- Teil 2	93
E.1	Skizze Hoffmann, WUI Typ 1	97
E.2	Skizze Hoffmann, WUI Typ 2	97
E.3	Skizze Hoffmann, WUI Typ 3	98
E.4	Skizze Hoffmann, WUI Typ 4	98
E.5	Skizze Hoffmann, WUI Typ 5	99
E.6	Skizze Hoffmann, WUI Typ 6	99
E.7	Skizze Hoffmann, WUI Typ 7	100
E.8	Skizze Hoffmann, WUI Typ 8	100
E.9	Skizze Hoffmann, WUI Typ 9	101
E.10	Skizze Hoffmann, WUI Typ 10	101
E.11	Skizze Hoffmann, WUI Typ 11	102
E.12	Skizze Hoffmann, WUI Typ 12	102

Abkürzungsverzeichnis

ACT Government of the Australian Capital Territory

BAZ Bushfire Abatement Zone

BOKU Universität für Bodenkultur Wien

BUI Buildup Index

CORINE Coordination of Information on the Environment - einheitliche Erfassung von Umweltdaten durch die Europäische Union

DC Drought Code

DMC Duffy Moisture Code

EFFIS European Forest Information System

FFMC Fine Fuel Moisture Code

FWI Canadian Forest Fire Weather Index

ISI Initial Spread Index

JRC Joint Research Center - gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Union

TRVB Technische Richtlinien für den vorbeugenden Brandschutz

USDA US Department of Agriculture

USDE US Department of Energy

USDI US Department of Interior

WUI Wildland-Urban Interface

ZAMG Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Vorwort

Für alle Feuerwehrfrauen und Feuerwehrmänner, die im Kampf gegen das Feuer ihr Leben verloren haben.



Abbildung 0.1: Waldbranddarstellung auf Postkarte nach Originalen von F.X. Schmidt

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Gefahren für Gesundheit und Sachwerte, sowie die unmittelbare Wirkung und Dynamik eines Waldbrandes hat Einsatzkräfte, sowie insbesondere die Bewohner im Bereich der Schnittstelle zwischen urbanem Lebensraum und Erholungswald, seit der Gewinnung des Wienerwaldes als Erholungsraum gegen Ende des 19. Jahrhunderts, vor Herausforderungen gestellt.

Die Vulnerabilität der Bevölkerung, sowie der niederösterreichischen Feuerwehren in den Bereichen von Kiefernwäldern des Wienerwaldes, soll nachstehender Auszug aus einem subjektiv verfassten Einsatzbericht plakativ veranschaulichen:

„Löschmeister Heinrich Aschenbrenner von der Freiwilligen Feuerwehr Dreistetten [Anm.: Niederösterreich] fährt auf der Dreistettner Straße, südlich von Markt Piesting in den Dienst. Er sieht im Schwarzföhrenwald Rauch, löst beim Feuerwehrhaus Markt Piesting die Feuerwehrsirene aus. [...] Die Freiwillige Feuerwehr Markt Piesting rückt [...] aus und will zur Hernsteinerstraße. Der Bahnschranken ist geschlossen, kostbare Minuten verstreichen - zum Glück für die Männer. [Anm.: Die Einsatzkräfte der Feuerwehr sind im Bereich eines Steilhanges bei der mutmaßlichen Brandstelle angekommen.] Die Männer rüsten sich mit Schanzwerkzeugen und einer HD-Löschleitung [Anm.: Hochdrucklöschleitung] aus und wollen den Steilhang hinuntergehen. Da beginnt ein Dröhnen, als ob Panzer daherkämen. Buchstäblich binnen einer Minute steht der gesamte Hang in Flammen. Starker Wind vom Westen her verstärkt die Wirkung. [...] Sofortige Flucht. Die HD-Leitung wird zurückgenommen, die Fahrzeuge werden gewendet, sofort geht es zurück zur Hernsteiner Straße. Da fangen schon die Wipfel auf der anderen Seite des Forstweges zu brennen an, brennende Äste fallen in den Wald. [Anm.: Der Waldbrand gewinnt an Ausbreitung und Dynamik] Einige Männer wollen zu Punkt 5 [Anm.: Kennzeichnung eines Einsatzabschnittes], einer muss umkehren, da dort bereits Flammen durchbrechen, brennende Äste gefährden immer mehr Häuser. Die Häuser am Kühweg (Punkt 6) [Anm.: Kennzeichnung eines Einsatzabschnittes] sind schwer gefährdet, die Bewohner telefonieren an die Freiwillige Feuerwehr Wiener Neustadt und bitten um Hilfe. Inzwischen kommen die ersten Einsatzfahrzeuge. Bürgermeister Zimper von Markt Piesting bittet über Feuerwehrfunk die anfahrenden [Anm.: zufahrenden] Fahrzeuge den Kühweg (Punkt 6) anzufahren und die dortigen Häuser zu retten. [...] Die Bewohner der Siedlungshäuser haben bereits die Häuser verlassen, arbeiten mit Schanzwerkzeugen und löschen mit Wassereimern. [...] Die riesigen Rauchwolken sind bis ins Burgenland zu sehen, und weithin zu riechen. Zahlreiche Feuerwehren aus den Bezirken

Baden und Wr. Neustadt fragen - diszipliniert - bei 'Florian Wr. Neustadt' an, ob sie ausrücken sollen. 'AUSRÜCKEN! AUSRÜCKEN!' gibt die Funkstation zurück.“ (Schneider et al. 1984)



Abbildung 1.1: Waldbrand Piesting 01.01.1984; (Quelle: Aufnahme von Otto Langer)

Die beschriebene Schnittstelle zwischen dem urbanem Lebensraum und der Vegetation bzw. dem Wald wird in der Fachliteratur und der Wissenschaft als Wildland-Urban Interface (WUI) bezeichnet. Dieser benannte Bereich ist jener, in welchem ein Vegetationsbrand bzw. Waldbrand die größte Gefahr und Risiken aufweist, oder anders ausgedrückt: das Potential am größten ist, Schäden (an Menschen und an Sachwerten) zu verursachen.

1.2 Herausforderung

Der Klimawandel in Österreich ist ein Teilaspekt, welcher die Thematik des Waldbrandes aktuell und in Zukunft beeinflusst. Die prognostizierte Temperaturzunahme der Atmosphäre verursacht eine Verlängerung der Vegetationsperiode und damit eine Zunahme der Transpiration, welche zu trockeneren Bedingungen führt (Matulla et al. 2009: 175). Die wissenschaftlich belegte Zunahme der Trockenperioden in den Sommermonaten, vermehren allgemein die Wald- und Vegetationsbrandgefahr im WUI. Das auch die Intensität der Brände zunehmen wird, ist auf den Rückgang der Holzproduktion, den Rückgang der Anzahl an Weidetieren, sowie den Anstieg von öffentlichen Wäldern zurückzuführen, wodurch eine größere Menge an Brennstoff in den Wäldern verbleibt (Malowerschnig 2011: 7).

Aktuell kann man in Österreich einen Wandel von der vorwiegenden Waldbewirtschaftung hin zu einem Gebiet für Sport und Freizeit im Wald beobachten. Ebenso wird das Wohnen nahe dem Erholungsraum Wald, sowie eine Nutzung der Bebauungsflächen bis an die Randflächen der Wälder durchgeführt. Aufgrund dieser Tatsache bilden anthropogene Ursachen die Hauptursache für die Entstehung von Waldbränden.

Etwa 90% der Brände im Alpenraum werden direkt, oder indirekt durch den Menschen verursacht. Hauptursachen sind weggeworfene Zigaretten, außer Kontrolle geratene Brände, unbeaufsichtigte Lagerfeuer, Funkenflug oder Arbeiten im Freien (Müller et al. 2020: 3). Aufgrund der Ausweitung von Städten und Siedlungsräumen in der Nähe von Wäldern, ist das WUI von besonderer Bedeutung, da hier die Brände leichter auf besiedelte Gebiete übergreifen können. Ebenso werden kritische Infrastrukturen und technische Einrichtungen (z.B. Stromleitungen, Mobilfunkmasten), die sich direkt in Waldgebieten befinden einem höheren Beschädigungsrisiko ausgesetzt (Müller et al. 2020: 11).

Hinsichtlich des vorbeugenden Brandschutzes für Gebäude bzw. die Infrastruktur existiert in den aktuellen Regelwerken derzeit kein Bezug auf das WUI und die Ausbreitungshinderung eines Gebäudefeuers Richtung Wald bzw. in umgekehrter Betrachtungsrichtung keine besonderen Maßnahmen zur Verringerung der Einwirkung eines Waldbrandes auf die Gebäudestruktur.

Die Verantwortungsträger, sowie sämtliche beteiligte Stellen (Feuerwehr, Forstverwaltung, Gemeindeverwaltung, Waldbetreiber, Baubehörde, Versicherungen etc.) werden durch den beschriebenen Sachverhalt vor neuartige und strukturelle Probleme (führungsstrukturell, rechtlich, organisatorisch, prozesstechnisch, finanziell uvm.) gestellt werden.

1.3 Zielsetzung der Masterarbeit

In der gegenständlichen Arbeit wird die Schnittstelle zwischen Bebauungsstruktur (urbanem Lebensraum) und dem Erholungswald anhand eines konkreten Untersuchungsraumes, dem östlichen Teil des Biosphärenparks Wienerwald in Niederösterreich, bearbeitet und ein gefahrengeneigter Bereich des WUI in Anlehnung an internationale Vergleichsdaten definiert und kategorisiert.

Darauf aufbauend wird ein Risikomanagementprozess (Waldbrandmanagement) durchgeführt, um Gefahren und Risiken abzubilden und bewerten zu können. Sofern für das Erreichen eines Grenzzrisikos erforderlich, wird ein Maßnahmenkatalog zur Risikobehandlung erstellt.

Schlussendlich soll dargestellt werden, dass das Werkzeug „*Waldbrandmanagement*“ im Bereich des WUI, hilfreich für die Bewältigung zukünftiger zu erwartender Schadensfeuer, sowie für die Prävention und die Durchführung eines Risk Governance Prozesses auf sämtlichen Entscheidungsebenen ist.

2 Hypothesen

2.1 Hypothese 1 - WUI des Wienerwaldes

Das „Wildland- Urban Interface“ des Wienerwaldes und dessen zu erwartende Waldbrandcharakteristik kann anhand von internationalen Vergleichsdaten definiert werden.

2.1.1 Forschungsfragen

Welche Daten bezüglich Entstehung und Ausbreitung eines Waldbrandes im WUI können verwendet werden? Welche Vergleichsdaten kennzeichnen die Typologie des WUI?

2.2 Hypothese 2 - Waldbrandmanagement

Die Durchführung eines regionalen Risikomanagementprozesses (Waldbrandmanagement) im Bereich des WUI reduziert das Risiko dahingehend, als dass ein akzeptables Sicherheitsniveau erreicht wird.

2.2.1 Forschungsfragen

Wie erfolgt eine Sicherheitsbeurteilung anhand eines konkreten Beispiels im Prozess des Risikomanagements (Waldbrandmanagement)? Welche Maßnahmen der Risikobehandlung können gesetzt werden?

3 Methoden

Die Bearbeitung der Forschungsfragen wird mittels „mixed method“ durchgeführt, wobei eine Aufteilung zwischen quantitativer und qualitativer Forschung wie folgt durchgeführt wird:

3.1 Beurteilung der Waldbrandcharakteristik

3.1.1 Abgrenzung der Waldbrandthematik: Rechtslage und Definition

In einem ersten Arbeitsschritt erfolgt eine Abgrenzung der Thematik hinsichtlich Definition und Rechtslage. Dabei wird mittels quantitativer Forschung der österreichischen Rechtsmaterien unter Verwendung der Suchbegriffe „Waldbrand“, „WUI“, „Wildland Urban Interface“, der Bezug zum WUI in Österreich, sowie die Abgrenzung zwischen Wald und urbaner Bebauung auf rechtlicher Basis untersucht. In weiterer Folge gilt es, eine auf den mitteleuropäischen Maßstab angepasste Einteilung der Waldbrandarten und Waldbrandumfänge zu treffen, da dies in weiterer Folge für ein Waldbrandmanagementsystem und die Abschätzung einer allfälligen Gefährdung erforderlich ist. Ebenso werden nationale Systeme zur Einteilung von Waldbrandereignissen in Kategorien untersucht.

3.1.2 Identifikation von Gefahren und Risiken

Im Zuge einer Literaturrecherche werden die Faktoren untersucht und angeführt, die zum einen die Entstehung und Ausbreitung eines Waldbrandes beeinflussen und in weiterer Folge für das Gefährdungspotential im WUI ausschlaggebend sind. Für die Bestimmung der Waldbrandgefährdung, sowie des Waldbrandrisikos gelangen auf Behördenebene verschiedene Modelle mit jeweils unterschiedlichen Eskalationsstufen zur Anwendung. Unter Verwendung der Online- Waldbranddatenbank der BOKU Wien werden die Parameter dahingehend angepasst, um eine Abschätzung der Gefährdung im WUI durchzuführen und in weiterer Folge für einen beispielhaften Untersuchungsraum eine Gefahrenhinweiskarte zu generieren.

3.2 Vergleichsdaten

Die Definition des Wildland-Urban Interface erfolgt anhand einer systematischen Literaturrecherche mit dem Suchbegriff des „Wildland-Urban Interface“. Mittels weiterführender deduktiver Forschung wird dargestellt, was bereits bekannt ist und internationale Forschungs- und Arbeitsergebnisse erläutert. Dabei werden wissenschaftliche Arbeiten nach ihrem geografischen Standort, Nordamerika, Australien und Europa unterteilt. Anhand der Ergebnisse wird eine Literaturlauswahl der wissenschaftlichen Arbeiten getroffen und die Vergleichsdaten für das WUI erfasst und für die Anwendung in Österreich angepasst. Mithilfe einer durchgeführten Datendokumentation einer wissenschaftlichen Untersuchung in Süd-Ostfrankreich, werden die Vergleichsdaten auf den zu bestimmenden Untersuchungsraum übertragen. Die Parameter des WUI werden in die gegenständliche Arbeit übertragen, für die Anwendung in Österreich angepasst und in die deutsche Sprache übersetzt. Abschließend für die Untersuchung der Vergleichsdaten, werden drei Ansätze (Feuerentstehungsdichte mit Verbrennungsflächenrate, ein Gebäudeansatz und ein Personenansatz) erläutert, die für eine Gefährdungsabschätzung im WUI geeignet sind.

3.3 Beschreibung eines beispielhaften Waldbrandmanagementvorganges im WUI

3.3.1 Durchführung einer Sicherheitsbeurteilung

Anhand einer Sicherheitsbeurteilung, die Bestandteil eines gesamtheitlichen Risikomanagementprozesses ist, soll dargestellt werden, wie das Risiko eines Brandgeschehens im WUI eines beispielhaften Untersuchungsraumes (Teilgebiet des Biosphärenpark Wienerwald) analysiert und bewertet wird. Mit einer Risikoanalyse werden jene Gefahren ermittelt, welche von den jeweiligen Stakeholdern nicht toleriert werden können und zur Erreichung des Grenzzrisikos eine Risikobehandlung erforderlich ist.

3.3.2 Festlegung eines Untersuchungsraumes

Der Untersuchungsraum wird anhand der Arbeitshypothesen und der Forschungsfragen bestimmt. Dabei wird aus dem großen in den kleineren Maßstab übergegangen und die jeweiligen Modelle erläutert. Die CAD-Daten des ausgewählten Untersuchungsraumes (Größe ca. 2 mal 2 km) werden mittels dem Computerprogramm AutoCAD weiterverarbeitet. Die aktuellen Vermessungsdaten werden von der Stadtgemeinde Bad Vöslau zur Verfügung gestellt.

3.3.3 WUI im Untersuchungsraum

Anhand der festgelegten Vergleichsdaten wird das WUI in den Untersuchungsraum eingebettet. Die Gebäude- und Siedlungsstrukturen werden in weiterer Folge unter Heranziehung des Bebauungs- und Flächenwidmungsplanes und aufgrund durchgeführter Begehungen und Drohnenbefliegungen einem WUI- Typus zugeschrieben. Die methodische Anwendung von internationalen Vergleichsdaten im Untersuchungsraum „Biosphärenpark Wienerwald“ wird als Teil der Beantwortung der Forschungsfrage unter 6.2 auf Seite 36 erläutert.

3.3.4 Gefährdungsabschätzung

Mittels der Onlinedatenbank (Zugang erforderlich) der Waldbranddatenbank *waldbrand.at* werden die ausgearbeiteten Parameter der abgeschätzten Waldbrandcharakteristik im WUI eingetragen und eine Gefahrenzonenkarte generiert. Durch Überlagerung der Gefahrenzonenkarte, mit der WUI- Karte und den WUI- Typen wird ein Gefahreninventar erstellt.

3.3.5 Gefahreninventar

Um eine Liste an möglichen Gefahren im WUI des Untersuchungsraumes zu erstellen, erfolgt eine mehrstufige Analyse:

1. Zusecheidung der Gebäudestrukturen zu einem WUI- Typus (im vorigen Schritt bereits durchgeführt und implementiert somit bereits eine Gefährdungsabschätzung).
2. Besonderheiten der jeweiligen Gebäudestruktur (z.B. besondere Personengefährdung im Bereich eines Pflegeheims) werden erhoben und in weiterer Folge die Gefahren mit einer laufenden Gefahreninventar- Nummer (z.B. G14) zur eindeutigen Identifikation und Zuordnung versehen.

3.3.6 Risikoanalyse und Risikobewertung

Die Risikoanalyse erfolgt unter Verwendung einer 5 (Stufen der Wahrscheinlichkeit) mal 4 (Stufen des Schadensausmaß) Risikomatrix, um in weiterer Folge die Gefahren des Gefahreninventars zuzuordnen. Dabei wird das ALARP- Prinzip verwendet, welches einen Bereich mit einem vertretbaren Risiko ausweist. Die Gefahren, die ausserhalb des ALARP- Bereiches liegen und somit ein nicht tolerierbares Risiko besteht, bedürfen in weiterer Folge einer Risikobehandlung.

3.3.7 Risikobehandlung

Für die erfassten Gefahren, die wie beschrieben ausserhalb des Grenzrisikos bzw. des ALARP- Bereiches liegen, erfolgt die Risikobehandlung dahingehend, als dass Möglichkeiten zur Reduktion des Risikos dargestellt und bewertet werden, um damit wieder in den ALARP- Bereich zu gelangen.

3.4 Schlussfolgerung

In einer abschließenden Analyse soll bewertet werden, ob die beiden Hypothesen bestätigt werden können und in welche Richtung die gegenständliche Arbeit hinsichtlich Waldbrandmanagement im WUI weiter fortgesetzt werden könnte.

4 Daten

4.1 externe Daten

4.1.1 WUI Definition: internationale Vergleichsdaten

- a) Vegetationsdaten Beispiel Süd- Ost Frankreich: Spot 5 multispektral 2.5m pan-sharpened (Anmerkung: Zusammenführung von hochauflösenden panchromatischen und multispektralen Bildern mit einer niedrigeren Auflösung) Aufnahme - aufgenommen: August 2002

Daraus wurden zwei Bereiche definiert: ein Vegetationsbereich und ein Nicht- Vegetationsbereich. Mit der Überlagerung von Gebäudedaten konnte der Bereich des WUI festgelegt werden. (Datengrundlage: Lampin-Maillet et al. 2009: 4ff.)

- b) Vegetationsdaten Beispiel Süd- Ost Frankreich: Daten aus Untersuchung von stattgefundenen Waldbrand- Ereignissen, aus welchen die Darstellung der Feuerentstehungsdichte und der Verbrennungsflächenrate für jeweilige WUI- Typen abgeleitet wird. (Datengrundlage: Lampin-Maillet et al. 2009: 4ff.)
- c) WUI Daten für Nordamerika: Mehrfachauflösende, satellitengestützte Landesuntersuchung aus 2011, überlagert mit Bebauungsdaten des US Census Bureau ¹ aus 2010. (Datengrundlage: Bureau 2017)

4.1.2 Waldbrandrisiko

- a) Waldbrandrisikokarte Österreich: Analyse sämtlicher in der österreichischen Waldbranddatenbank erhobenen Waldbrände von 2001 bis 2020 (Datengrundlage: BOKU Wien- Institut für Waldbau 2020)
- b) Waldbrandgefährdungsabschätzung Untersuchungsraum Harzberg: grafische Darstellung der Berechnungsergebnisse (Datengrundlage: BOKU Wien- Institut für Waldbau 2020)

¹Bundesbehörde für die Datenerfassung

4.1.3 Bevölkerungsdaten

- a) Zustell- Liste von Postwurfsendungen (an einen Haushalt) der österreichischen Post und somit Ermittlung der Anzahl an Haushalten pro Adresseintrag; überarbeitet durch die Freiwillige Feuerwehr der Stadt Bad Vöslau (Stand: 06.01.2022)
- b) Durchschnittliche Anzahl der Personen je Haushalt in Österreich von 2011 bis 2021. (Datengrundlage: Statista 2022)

4.1.4 Gebäudedaten

- a) Bebauungs- und Flächenwidmungsplan der Stadtgemeinde Bad Vöslau vom 25.03.2021; Planverfasser: DI Herbert Liske; (Datengrundlage: Statista 2022)

4.2 interne Daten

4.2.1 Drohnenbefliegung

- a) Luftaufnahmen mittels Drohne DJI Mavic 2, durchgeführt am 18.05.2022 und 30.07.2022 zur Erfassung der Bebauungssituation und Abschätzung der Vegetationsausbreitung (Zuordnung zu WUI Typ)

5 Die Charakteristik eines Waldbrandes

5.1 Rechtslage und Definitionen

Der Begriff *Waldbrand* definiert sich über das österreichische Forstgesetz, bzw. über den Begriff des Waldes (Vacik et al. 2020: 174).

So heißt es in §1a. (1): „Wald im Sinne dieses Bundesgesetzes sind mit Holzgewächsen der im Anhang angeführten Arten (forstlichen Bewuchs) bestockte Grundflächen, soweit die Bestockung mindestens eine Fläche von 1.000 m² und eine durchschnittliche Breite von 10 m erreicht.“ (*Forstgesetz 1975 - Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird* 2022)

Das Forstgesetz regelt auszugsweise:

Ziele:

- Nutz-, Schutz-, Wohlfahrts- und Erholungsfunktion des Waldes zu erhalten
- nachhaltige Waldbewirtschaftung

Prävention:

- Gefahrenzonenpläne
- Objektschutzwälder
- Bannwald
- Schutz vor Waldbrand (Verbot des Feuerentzündens durch Unbefugte, sowie Vorbeugungsmaßnahmen)

Der Schutz vor Waldbränden - im Forstgesetz:

siehe IV. Abschnitt - Forstschutz (vgl. Forstgesetz 1975: §40ff.)

A. Schutz vor Waldbrand

§40 Feuerentzündungen im Wald:

- Verbot des Entzündens von Feuer; des Wegwerfens von brennenden, oder glimmenden Gegenständen

- Ausnahme für befugte Personen, ständige Zelt- und Lagerplätze, Schlagbrennen etc.

§41 Vorbeugungsmaßnahmen:

- z.B.: bei Funkenflug durch den Betrieb von Eisenbahnen

§42 Ermächtigung der Landesgesetzgebung zur Erlassung näherer Vorschriften über:

- Meldung von Waldbränden
- Organisation der Bekämpfung von Waldbränden
- Hilfeleistung bei der Abwehr
- Bekämpfungsmaßnahmen am Brandorte
- nach einem Waldbrand zu treffende Vorkehrungen
- Tragung der Kosten der Waldbrandbekämpfung

Ausführungsgesetze auf Landesebene:

Bis auf das Bundesland Wien, verweist das jeweilige Bundesland in einem Ausführungsgesetz auf die Thematik des Waldbrandes:

- Burgenländisches Forstauführungsgesetz, LGBl 1987/56 in der Fassung LGBl 2013/79
- Oberösterreichisches Waldbrandbekämpfungsgesetz, LGBl 1980/68 idF LGBl 2013/90
- Kärntner Gefahrenpolizei- und Feuerpolizeiordnung, LGBl 2000/67 idF LGBl 2020/29
- Niederösterreichisches Forstauführungsgesetz, LGBl 6851-0 idF LGBl 2018/12
- Salzburger Waldbrandbekämpfungsgesetz, LGBl 1992/77 idF LGBl 2013/106
- Steiermärkisches Waldschutzgesetz, LGBl 1982/21 idF LGBl 2013/87
- Tiroler Waldordnung, LGBl 2005/55 idF LGBl 2020/80
- Vorarlberger Landesforstgesetz, LGBl 2007/13 idF LGBl 2022/4

Der Begriff des WUI, oder eine Beschreibung der Schnittstelle, findet sich in keinem der angeführten Gesetzestexten bzw. wird kein Bezug dazu hergestellt.

5.1.1 Definition: Waldbrand

Im englischsprachigen Raum, wird vorallem in den USA und in Australien der Begriff „Wild-fire“ verwendet, welcher als Synonym für Vegetationsbrände verwendet wird. Dieser Begriff umfasst sowohl Wald-, als auch Busch- und Wiesenbrände. Im Deutschen gibt es keine passende Übersetzung. In Europa wird die Brandart anhand des Brandortes festgelegt - wie z.B. der Waldbrand (vgl. Müller 2015).

Die wissenschaftliche Definition eines Waldbrandes ist global unterschiedlich. Für Österreich, und vergleichbar mit anderen angrenzenden Ländern wie Deutschland und der Schweiz lautet sie wie folgt:

„Ein Waldbrand ist jedes unkontrollierte Feuer, das zumindest teilweise Waldvegetation bzw. Waldboden erfasst, unabhängig vom Brandtyp (Schwelbrand, Boden-/Lauffeuer, Kronenfeuer/Vollbrand), der Ursache, dem Vegetationstyp (auch Grasbrand unterhalb eines Hochwaldes, Feuer auf einer Kahlschlagfläche, oder im Windschutzgürtel), sowie der Brandfläche (z. B. auch Wurzelstockbrand, oder Brand eines Einzelbaums durch Blitzschlag).“ (Müller 2015)

Weiters werden im Waldbrandblog (fireblog.boku.ac.at) des Instituts für Waldbau der Universität für Bodenkultur Wien, folgende Parameter angeführt: (vgl. Müller 2015)

- Mischformen und unklare Fälle werden als Wald-/Flurbrand erfasst.
- Lagerfeuer, brennende Holzstapel, Raum-/Ast-/Heuhaufen oder Gebäude-/Fahrzeugbrände, bei denen das Feuer nicht auf den Waldbestand übergreift bzw. die Vegetation nur durch die Hitze des Brandherds geschädigt wird, gelten nicht als Waldbrände.
- Wenigstens 10 % der Gesamtbrandfläche (ab 3 Hektar zumindest 0,3 ha) müssen Wald sein, andernfalls handelt es sich um einen reinen Flurbrand.

5.1.2 Definition: Waldbrand- Arten

Die Zuteilung eines Waldbrandes zu einer Waldbrandart erfolgt anhand des jeweiligen Feuerverhaltens, was von den Bedingungen am Standort, sowie der vorhandenen Vegetation abhängt.

- Humus-/ Glimmbrand (Schwelbrand)
- Boden- oder Lauffeuer
- Kronenfeuer/ Vollbrand

(Aufzählung nach Vacik et al. 2020: 177)

5.1.3 Definition: Waldbrand- Kategorien

Von der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) wurden für den österreichischen Maßstab folgende Kategorien definiert:

- **Entstehungsbrand:** weniger als 0,03 Hektar (bzw. 300 m²)
- **Kleinbrand:** größer oder gleich 0,03 ha, aber kleiner als 0,3 ha
- **Mittelbrand:** zwischen 0,3 und 3 ha
- **Großbrand:** ab 3 ha
- **Extrembrand:** größer als 30 ha; überdies muss es zu einer nachhaltigen Veränderung der Vegetationszusammensetzung kommen

(Aufzählung nach Müller 2015)

5.2 Begriffe: Gefahr und Risiko

Weder der Begriff „Gefahr“ noch „Risiko“ sind in der österreichischen Bundesverfassung ausdrücklich genannt. Auch liegt kein einheitlicher Kompetenztatbestand für die Risikoprävention in Österreich vor (Rudolf-Miklau 2021: 81).

Die beiden Begriffe unterscheiden sich per Definition grundlegend, obwohl sie im Sprachgebrauch fälschlicherweise desöfteren gleichwertig verwendet werden. Zu erwähnen ist in diesem Kontext noch der englische Begriff „hazard“, der ins Deutsche übersetzt in etwa „Gefährdung“ bedeutet. Vor allem im Bezug auf Naturkatastrophen und insbesondere beim Thema Waldbrand ist das Fehlen eines gemeinsamen Begriffsverständnisses problematisch.



Abbildung 5.1: Darstellung von Gefahr und Risiko (Quelle: <https://www.eufic.org>)

- Die **Gefahr** ist etwas, das potenziell schädlich wirken kann. Die wichtigsten Kriterien im Zusammenhang sind die Häufigkeit und das Ausmaß (bzw. die Intensität)
- Eine **Gefährdung** beinhaltet bereits eine Wahrscheinlichkeit, wann mit dem Eintreten eines Schadensausmaßes zu rechnen ist
- Das **Risiko** mit negativen Auswirkungen ist ein Schaden (für Menschen, Tiere, Sachwerte, die Umwelt, etc.), - durch eine Gefahr verursacht - und beinhaltet die Faktoren der Wahrscheinlichkeit, der Exposition, sowie der Vulnerabilität.

Für den Waldbrand bedeutet dies beispielsweise, dass eine Waldbrandgefahr (in den Sommermonaten) eine Gefährdung (höhere Waldbrandstufe) erzeugt und in weiterer Folge ein (hohes) Risiko (für das am Waldrand liegende Pflegeheim) besteht.

5.3 Systeme zur Erfassung und Einstufung der Gefährdung

5.3.1 Waldbrandgefahr

Bei der Abschätzung der Waldbrandgefahr ist darauf zu achten, welche Faktoren die jeweilige Gefahrenwarnung beinhaltet. Die Definition ist international nicht einheitlich. Auch für Österreich gibt es keine verbindlichen Vorgaben.

Wenn von der **Entzündungsgefahr** gesprochen wird, geht es wie der Name bereits sagt um die Brandentstehung und beinhaltet meist nur die dynamischen, meteorologischen Faktoren:

$$f(WB - Gefahr, met.) = \begin{cases} \text{für Niederschlag} \\ \text{für Luftfeuchtigkeit} \\ \text{für Temperatur} \\ \text{für Wind} \\ \text{für Blitzaktivität} \end{cases}$$

(Aufzählung abgeleitet von Müller et al. 2020: 14)

In der Regel wird die **kumulative Waldbrandgefahr** angegeben, welche die Brandentstehung UND das Brandverhalten wiedergibt.

integriertes System zur Abschätzung der kumulativen Waldbrandgefahr:

$$f(WB - Gefahr, kum.) = \begin{cases} \text{für Meteorologie} \\ \text{für Topographie} \\ \text{für Vegetation} \\ \text{für Phänologie} \\ \text{für menschlicher Einfluss} \end{cases}$$

(Aufzählung abgeleitet von Müller 2018)

5.3.2 Waldbrand- Gefährdungsstufen

Grundsätzlich gibt es keine international einheitliche Definition der Waldbrandgefährdungsstufen. Aufgrund fehlender, oder ungenauer Daten kann derzeit für Österreich lediglich ein integriertes System zur Abschätzung der Waldbrandgefahr angewendet werden.

Vonseiten der BOKU wurde in einer fünfteiligen Skala die verschiedenen Ansätze und Faktoren für Waldbrandgefährdungen zusammengefasst:

Gefährdungsstufe	Brandentstehung	Brandgeschehen	Brandarten	Brandverhalten
1 (sehr gering)	schwer entzündlich	Entstehungsbrände	Ausbruchsort beschränkt	weiße Rauchfahne, sehr niedrige Ausbreitungsgeschwindigkeit, kein Funkenflug
2 (gering)	gering	Kleinbrände im Wald, ausgedehnte Flurbrände möglich	oberflächliche Glimmbrände, bodennahe Lauffeuer	weiß/graue Rauchfahne, niedrige Ausbreitungsgeschwindigkeit, geringer Funkenflug
3 (mäßig)	einzelne Flamme kann Brand entfachen	vermehrt Kleinbrände, vereinzelt Großbrände	moderate Glimmbrände, kräftige Lauffeuer mit meterhohen Flammen, passive Kronenfeuer möglich	graue Rauchfahne, mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit, mäßiger Funkenflug, kaum Sekundärbrände
4 (hoch)	einzelne Flamme verursacht Brand	zahlreiche Kleinbrände, vermehrt Großbrände	intensive Glimmbrände, massive Lauffeuer, passive Kronenfeuer wahrscheinlich, aktive Kronenfeuer möglich	rötlich/ schwarze Rauchfahne, hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit, starker Funkenflug, Sekundärbrände viele Meter entfernt möglich
5 (sehr hoch)	einzelner Funke verursacht Brand	zahlreiche Großbrände	Glimmbrände und Lauffeuer sehr intensiv, aktive Kronenfeuer wahrscheinlich	schwarze dichte Rauchfahne, sehr hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit, massiver Funkenflug, Sekundärbrände einige hundert Meter entfernt möglich

Tabelle 5.1: Waldbrangegefährdungsklassen (vgl.: Müller 2018)

5.3.3 Waldbrandrisiko

Wie bereits ausgeführt, beinhaltet das Waldbrandrisiko neben der Gefährdung, auch Aspekte der Exposition und wird in Karten für Managementplanungen und daraus abgeleiteter Maßnahmen dargestellt. In einer Waldbrand- Risikokarte wird die Gefährdung und die potenziellen Auswirkungen auf die Waldbestände, sowie für Infrastrukturen und Siedlungsräumen dargestellt. Die für das österreichische Staatsgebiet erstellte Karte auf Bezirksebene, orientiert sich an den Kriterien des Europäischen Waldbrand- Informationssystems

European Forest Information System (EFFIS) und dem Joint Research Center - gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Union (JRC). (vgl. *Waldbrand - Risikokarte 2020*)

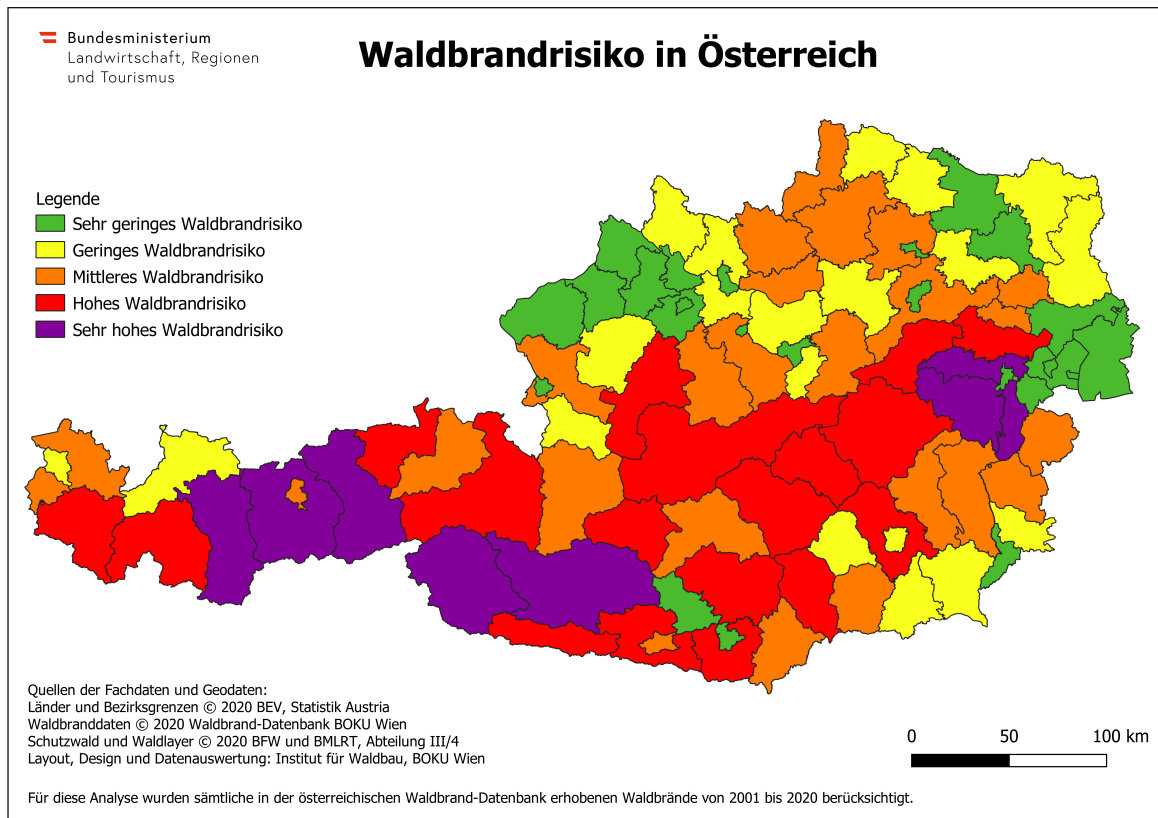


Abbildung 5.2: Waldbrand- Risikokarte (Quelle: <https://www.naturgefahren.at>)

Die Vulnerabilität als Bestandteil des Risikos ist hierbei die Wahrscheinlichkeit und das wahrscheinliche Ausmaß von Schäden unter Berücksichtigung der Bebauungsstruktur, der Infrastruktur, potenzieller Verluste von Menschenleben, sowie von ökologischen Auswirkungen. Dieser Faktor (Anm.: der Vulnerabilität) wird in künftigen Karten aufgrund einer größeren Datenlage zur Verbesserung der Risikoabschätzung beitragen.

5.3.4 Modelle

Grundsätzlich gibt es verschiedene Ansätze und Modelle, welche für die Darstellung der Waldbrandgefährdung verwendet werden. Diese sind abhängig von der jeweiligen Gewichtung der Faktoren, was geografisch und anwendungsspezifisch unterschiedlich ist.

Beispiel für ein Modell:

- **Canadian Forest Fire Weather Index FWI:**

Wie der Name bereits erahnen lässt, wurde dieser Index für die Anwendung und Vorhersage von Waldbrandereignissen in Kanada entwickelt. Er basiert auf einer kontinuierlichen Messung von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit

und des 24 Stunden Niederschlags (zwischen 12:00 und 12:00 Uhr des Folgetages). Der FWI besteht aus sechs Komponenten, welche die Auswirkungen von Feuchtigkeit und Wind auf das Brandverhalten berücksichtigen. Die ersten drei Komponenten sind Beschreibungen der Feuchtigkeitsgehalte von Streu und anderen Feinmaterialien (dem Fine Fuel Moisture Code (FFMC)), dem durchschnittlichen Feuchtegehalt von lockerem, geschichtetem, organischem Material in einer Tiefe von 5 -10 cm (dem Duff Moisture Code (DMC)), sowie dem durchschnittlichen Feuchtegehalt von verdichtetem, organischem Material in tiefer liegenden Bodenschichten (Drought Code (DC)).

Die anderen drei Komponenten beschreiben das Brandverhalten: Der initiale Ausbreitungsindex Initial Spread Index (ISI) verbindet die Windgeschwindigkeit mit dem FFMC und repräsentiert somit einen Wert für die Ausbreitung eines Schadensfeuer, ohne den Einfluss der Brennstoffmenge (fuel) zu berücksichtigen. Der Brennstoffindex Buildup Index (BUI) kombiniert den DMC und den DC und gibt die Summe an Brennstoff wieder, die zur Ausbreitung beitragen.

Der Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) kombiniert somit den ISI und den BUI und gibt die Intensität des sich ausbreitenden Feuers als Wert der Energiefreisetzung pro Längeneinheit der Feuerfront wieder.

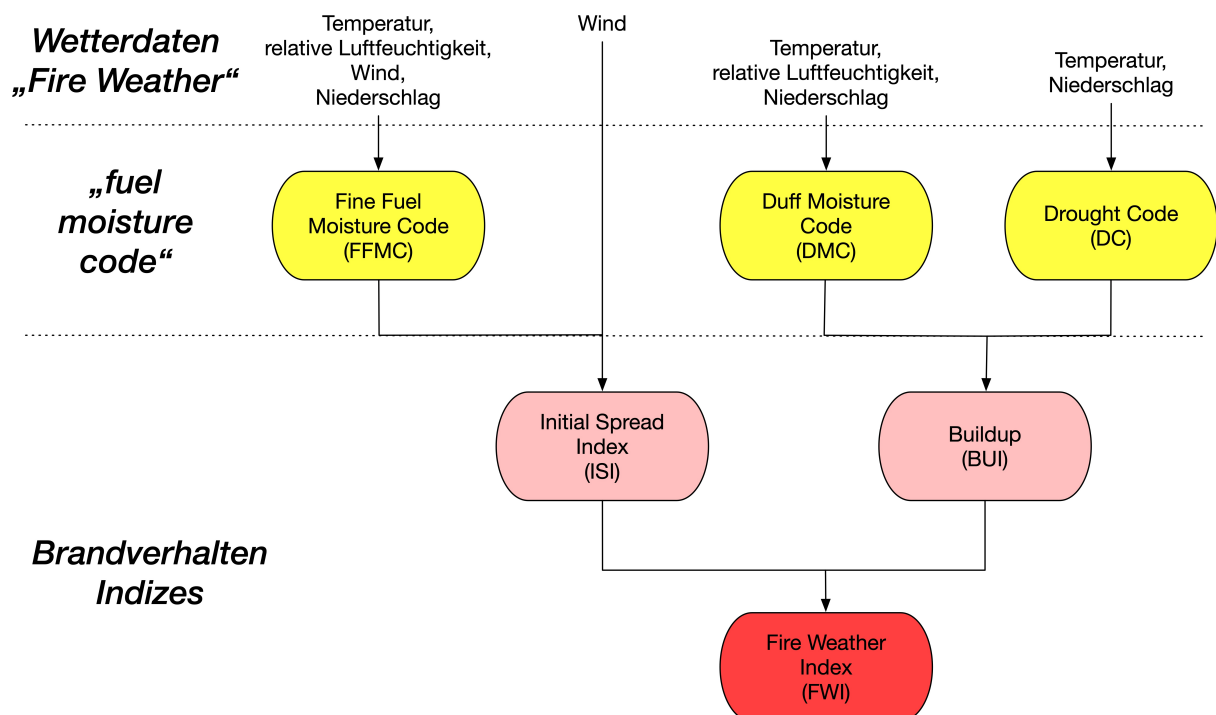


Abbildung 5.3: Interpretation des kanadischen FWI (eigene Darstellung, adaptiert aus: Adams & Attiwill 2011)

Mit der Überlagerung von Geosystemen ergeben sich Warnkarten. Für die europäische Waldbrandinformation und Gefährdungsabschätzung wird das System „European Forest Fire Information System - EFFIS“ verwendet, welches Bestandteil des Krisen- und Katastrophenmanagements des EU Copernicus- Programms ist. Mit einer Auflösung von 8x8

km stößt dieses Modell für die Anwendung im Alpenraum jedoch oft an seine Grenzen (Müller et al. 2020: 39). Nationale Waldbrandgefahrensysteme wie z.B. das Waldbrandmodell der ZAMG, oder die Datenbank waldbrand.at der BOKU verwenden räumliche Auflösungen von 1x1 km und sind für eine Gefährdungsabschätzung besser geeignet.

5.4 Die Charakteristik eines Waldbrands im WUI

5.4.1 Brandentstehung

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Brandes wird hauptsächlich von zwei Faktoren bestimmt:

$$\mu = \begin{cases} \text{Streu}feuchtigkeit \\ \text{Zündquelle} \end{cases}$$

- Die **Streu**feuchtigkeit ist der Wassergehalt des brennbaren Materials an der Bodenoberfläche (Nadeln, Blätter, Gras, etc.). Dieser wird durch mikro- und makroklimatischen Bedingungen bestimmt, welche von Niederschlag, Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Wind abhängen.
- Eine **Zündquelle** bedeutet, dass entweder ein Blitzschlag als natürliche Entzündungsquelle fungiert, oder das menschliche Handeln ein Auslöser ist.

Aufgrund der erhöhten Präsenz in den Wäldern und in Erholungsräumen werden an Wochenenden, Ferien und Feiertagen vermehrt Waldbrände verzeichnet. Vegetationsflächen im Nahbereich von Siedlungen und Straßen, sprich im WUI, sind häufiger von Bränden betroffen, als entlegenere Waldgebiete (Müller et al. 2020: 14).

5.4.2 Brandverhalten- Ausbreitung und Intensität

Das Brandverhalten (Anm.: Waldbrand) wird durch die Intensität und das Ausbreitungspotenzial definiert. Diese Faktoren werden im Wesentlichen bestimmt von:

$$f(WB - \text{Brandverhalten}) = \begin{cases} \text{Vegetation}(Fuel) \\ \text{Topographie} \end{cases}$$

In Bezug auf die Forschungsfrage und den Untersuchungsraum „Biosphärenpark Wienerwald“ kann festgehalten werden, dass Nadelwälder in den nördlichen Alpenregionen öfter und intensiver brennen als Laubbäume (Müller et al. 2020: 14).

Im Gegensatz zur Entzündungsgefahr ist für das Brandverhalten die Langzeittrockenheit ausschlaggebend. Auf Südhängen ist die Vegetation grundsätzlich trockener, was nicht eine erhöhte Entzündungsgefahr, sondern ein höheres Ausbreitungspotenzial bedeutet (Müller et al. 2020: 15).

Wie in der Funktion des Brandverhaltens angeführt, dient die Abschätzung der Vegetationsform und -art einer Zuteilung in eine Brennstoffklasse, welche auch „fuel“ (engl.) genannt wird.

Ein Modell für einen „Fuel- Layer“ für eine Überlagerung mit geografischen Daten, wurde im Zuge der Waldbrandforschung durch die BOKU in Anlehnung an die CORINE Landcover Systematik (Coordination of Information on the Environment - einheitliche Erfassung von Umweltdaten durch die Europäische Union (CORINE)) erstellt.

Derzeit werden folgende Klassen für die online Modellberechnung <https://waldbrand.at> verwendet:

Codierung	Definition
93	landwirtschaftliche Flächen
161	Laub- und Mischwald
162	spärliche Vegetation (z.B. an der Waldgrenze)
163	anthropogen dominierte Vegetation (z.B. Parkanlagen)
181	Nadelwald, geringe Brennstoffmenge
183	Nadelwald, mittlere Brennstoffmenge
184	Nadelwald, hohe Brennstoffmenge
201	offene Waldflächen

Tabelle 5.2: Brennstoffklassen (Quelle: aus Vacik & Müller 2022)

Für das WUI sind mit großem Anteil die Klassen 162 (spärliche Vegetation), 163 (anthropogen dominierte Vegetation), aber auch die Klassen 181 und 183 (Nadelwald mit geringer und mittlerer Brennstoffmenge) zu nennen.

Die Brennstoffklassen finden Eingang in der Datenmenge, welche zur Darstellung von Gefährdungskarten (wie z.B. unter <https://waldbrand.at> für Österreich) verwendet werden.

6 Das Wildland- Urban Interface des Biosphärenparks Wienerwald

6.1 Forschungsstand und internationale Vergleichsdaten

6.1.1 Nordamerika

Eine qualitative und quantitative Untersuchungen der Verzahnung des Lebensraumes des Menschen mit dem Wald, wird in Nordamerika seit den 1980er Jahren durchgeführt und laufend evaluiert. Der Bereich, in dem die Bebauung auf natürlichen Bewuchs trifft, wurde in wissenschaftlichen Arbeiten und Artikeln hinsichtlich der Brandgefahr untersucht, wobei die Arbeiten „Hotseat of Forestry“ von Vaux aus dem Jahr 1982 (siehe Vaux 1982), sowie „The Urban/forest Interface“ von Bradley aus dem Jahr 1984 (siehe G. A. Bradley 1984) als erstmalige Problemdarstellungen und Publikationen zu erwähnen sind.

Der Ansatz einer Definition für das WUI, sowie das Aufzeigen einer Erfordernis für ein Risk Governance stammt von Davis aus einem Artikel des „Journals for Forestry“ aus dem Jahr 1990 mit dem aussagekräftigen Titel „The wildland- urban interface: Paradise or Battleground?“ , worin es heißt „...*WUI is a setting, where wildland fire is a problem and where conflicts arise over responsibility for protecting homes from wildfire*“ (Davis 1990: 26).

Der Begriff des WUI wird nach zwei, im Jahr 1997 im „Journal of Forestry“ veröffentlichten Artikeln von Greenberg und Bradley (siehe Greenberg & G. Bradley 1997) und Plevel (siehe Plevel 1997) in wissenschaftlichen Arbeiten nun exklusiv im Zusammenhang mit Wald- und Vegetationsbränden verwendet.

Weitere Möglichkeiten einer Maßnahmenplanung und die Durchführung von Managmenetmaßnahmen werden in Artikeln Ende der 1990er Jahre, sowie in Aussendungen des US Ministeriums für Landwirtschaft, sowie des Ministeriums für Innern aus dem Jahr 2001 behandelt, in denen es heißt „*The WUI community exists where humans and their development meet or intermix with wildland fuels*“ (siehe US Department of the Interior (USDA) and US Department of Agriculture (USDI) 2001).

Im Zuge der Forschungstätigkeiten und der Weiterentwicklung der Modelle, finden sich in der Definition immer wieder drei Grundkomponenten für die Definition des WUI:

- Anwesenheit und Siedlungsraum des Menschen

- natürliche Vegetation
- variierender Interaktionsraum (Wechselwirkung zwischen Brandgeschehen und Mensch)

Viele weitere auf wissenschaftlicher Ebene geführten Diskussionen waren dahingehend unpräzise, da weder die natürliche Vegetation (Vegetationsdichte, Pflanzenart, Intensität etc.), noch der Siedlungsraum des Menschen (Gebäudedichte, Einwohnerzahl, Gebäudekonfiguration etc.) genau definiert waren. Ebenso war der Interaktionsraum in vielen verschiedenen Arten beschrieben worden: Beispielsweise die Distanz, welche ein geschlagener Golfball zurücklegen kann, oder allgemein der Abstand in dem ein Brand Auswirkungen auf eine Gebäudestruktur haben kann. Genaue Distanzangaben fehlten (vgl. Stewart et al. 2007: 202).

Unterschiedliche Behörden wie das US Department of Agriculture (USDA), oder das US Department of Interior (USDI) hatten ihre eigenen Definitionen für das WUI festgelegt, was jedoch aufgrund der erforderlichen Vergleichbarkeit über längere Zeitperioden und mit anderen Bundesstaaten nicht zielführend war.

Schlussendlich wurde im Jahr 2001 im Amtsblatt der Bundesregierung der vereinigten Staaten von Amerika, dem Federal Register (Fed. Regist. 66(3):751-777) durch das USDA-Forest Service, eine Definition des WUI veröffentlicht, welche bundesweit für die Erstellung von Statistiken, von Plänen und vor allem für die Durchführung einer strategischen Planung des Waldbrandmanagements verwendet wird.

Der Interaktionsraum bzw. die Pufferzone wurde mit 1.5 miles bzw. 2,4 km definiert. Dieser Abstand leitet sich aus den Empfehlungen der „California Fire Alliance“ ab: 2,4 km ist jene Strecke, welche im Durchschnitt durch Funkenflug vor der Flammenfront zurückgelegt werden kann und einen neuen Brandherd schafft.

Desweiteren muss die als WUI definierte Fläche mindestens 6,17 Gebäude pro km² (Umrechnung von: 1 house/ 40 acres) aufweisen (vgl. Stewart et al. 2007: 203–204).



Abbildung 6.1: Definition- Interface WUI und Intermix WUI (Quelle: Stein et al. 2013: 11, Abb. 2b)

Der Untersuchungsraum des WUI wurde laufend evaluiert und bewertet. Im Jahr 2005 wurde unter der Leitung von Dr. Volker Radeloff (University of Wisconsin) eine Untersuchung des WUI in den Vereinigten Staaten durchgeführt, wobei festgestellt wurde, dass sich rund ein Drittel sämtlicher Gebäude im Bereich des WUI befinden (Radeloff et al. 2005: 801). Die gesamte, definierte Fläche des WUI beträgt 719.156 km² (Stand Juni 2005) (Radeloff et al. 2005: 801). Die Tendenz wurde als steigend hinsichtlich einer Vergrößerung des WUI bewertet.

The 2010 Wildland-Urban Interface of the Conterminous United States

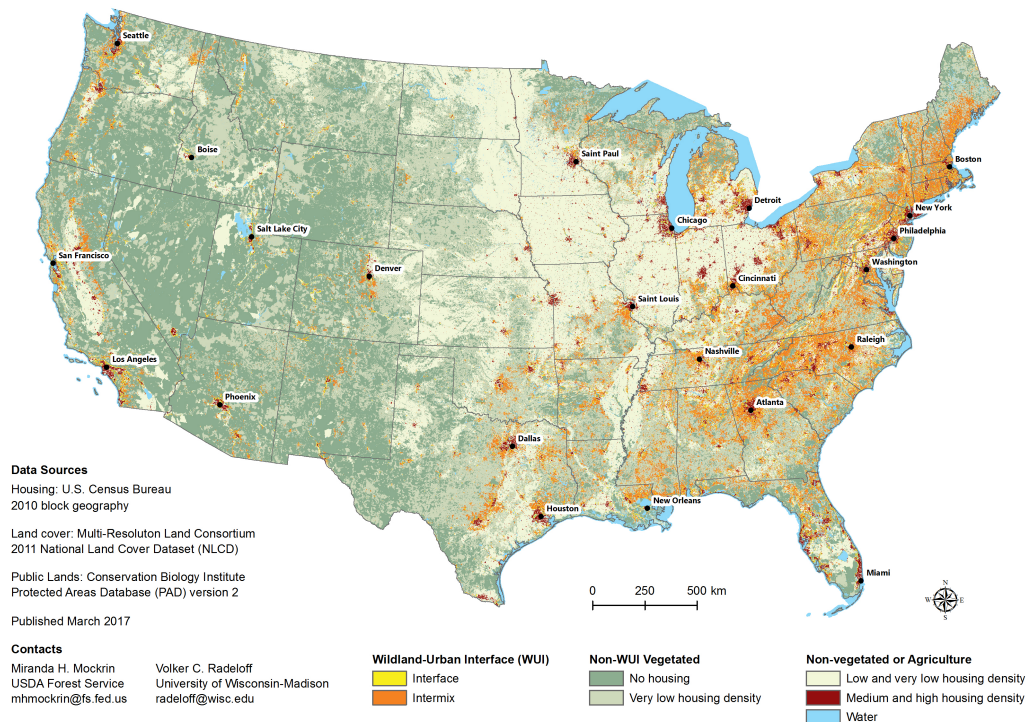


Abbildung 6.2: The 2010 Wildland-Urban Interface of the Conterminous United States
(Quelle: Volker C. Radeloff, University of Wisconsin- Madison)

Aktuell ist das WUI im Fokus einer Vielzahl von Managementmaßnahmen der jeweiligen Bundesstaaten, wie beispielsweise Waldbrand- Präventionsmaßnahmen, der Untersuchung der Verbreitung von invasiven Spezien nach Brandereignissen, sowie den Konflikten zwischen menschlichem - und natürlichen Lebensräumen. Dabei ist festzustellen, dass die Anzahl der gefährdeten Gebäude im WUI weiter zunimmt. Es wurde eine neuartige WUI-Gefährdungskarte erstellt, worin 125 mio. Gebäude (Stand: März 2022) erfasst worden sind, mit folgender Zielsetzung (Carlson et al. 2022):

- Bestimmung der gesamten WUI- Fläche und Anzahl der vorhandenen Gebäude
- Bewertung der Sensibilität
- Bewertung der regionalen Unterschiede zwischen gebäudebasierender WUI- Karten und bewohnerbasierender WUI- Karten

- Bestimmung des Einflusses einer korrekten Verortung der Gebäude bei der Erstellung von WUI- Karten

Das Ergebnis war, dass die gebäudebasierende WUI- Karte zwischen 5,6% und 18,8% der Staatsfläche als WUI ausweist, inklusive größerer Nachbarschaften, jedoch exklusive exponierter Ansiedelungen. Allgemein kann festgehalten werden, dass gebäudebasierende WUI- Karten eine größere Fläche ausweisen, als bewohnerbasierte WUI- Karten. Dies aufgrund größerer Differenzen bei unbewohnten Gebäudestrukturen im ländlichen Raum, in den nördlichen und zentralen Bundesstaaten.

In der Publikation des „Geoscience and Environmental Change Science Center“ (Carlson et al. 2022) wird für die Bewertung des Waldbrandrisikos und den allgemeinen wissenschaftlichen Gebrauch die Verwendung einer WUI- Karte mit 500m Interaktionsraum empfohlen, da diese Ansiedlungen im- und benachbart zum WUI beinhaltet, jedoch isolierte Gebäude nicht berücksichtigt.

6.1.2 Australien

Nach den verheerenden Buschfeuern im Januar 2003 (Anm.: 4 Todesopfer, 435 verletzte Personen und 487 zerstörte Gebäude (vgl. Amundson et al. 2019: 4)) wurde von der Regionalregierung des Government of the Australian Capital Territory (ACT) der Beschluss gefasst, einen Maßnahmenplan zu erstellen, welcher proaktiv vor den Auswirkungen eines Buschfeuers auf die Bevölkerung, das Eigentum und die Umwelt schützen soll. Das WUI wird hier als Bushfire Abatement Zone (BAZ) rund um die Hauptstadt Canberra bezeichnet, welches besondere Managementmaßnahmen vorsieht um hier das Entstehungs- und Auswirkungsrisiko zu reduzieren und ein Übergreifen auf den urbanen Raum zu verhindern (vgl. Amundson et al. 2019: 18).

*The Bushfire
Abatement Zone
(area in purple).*

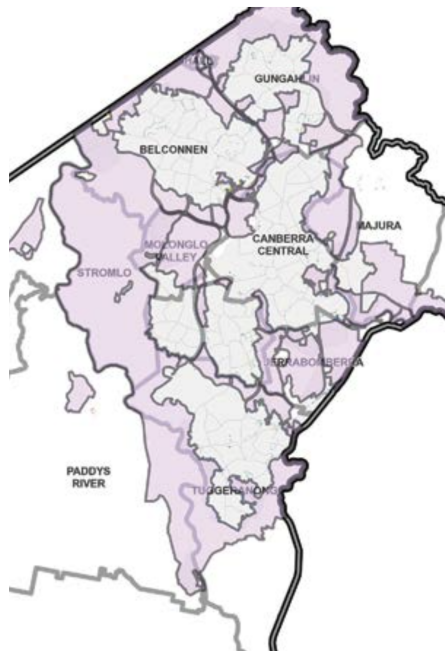


Abbildung 6.3: Die „Bushfire Abatement Zone“ rund um Canberra (Quelle: Amundson et al. 2019: 18)

Als eine der Managementmaßnahmen ist der „Land- Management Plan“ zu nennen, welcher die Identifizierung vulnerabler Infrastruktur und Gebäudestrukturen, die Festlegung von Schutzziele, sowie die Maßnahmen zur Zielerreichung vorsieht. Ein namhaft gemachter „Landmanager“ ist für die Abstimmung zwischen der Lokalregierung, sowie den betroffenen Grundstücksbesitzern verantwortlich (vgl. Amundson et al. 2019: 18).

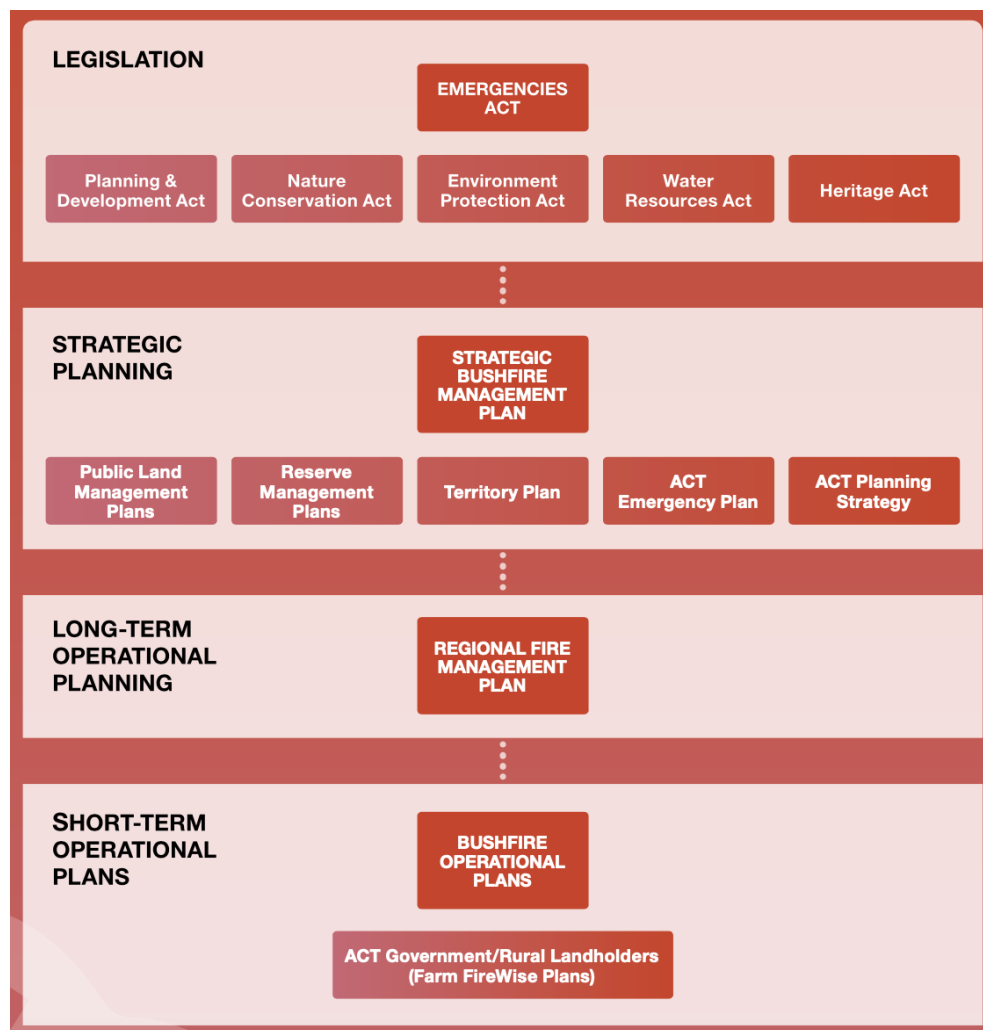


Abbildung 6.4: Hierarchie der Maßnahmen (Quelle: Amundson et al. 2019: 19)

6.1.3 Europa

Jedes Jahr werden in Südeuropa mehr als 50.000 Vegetationsfeuer registriert, welche rund 500.000 ha Fläche betreffen, insbesondere Gebiete des WUI (Lampin-Maillet et al. 2009: 2). Die Forschungsarbeit „Mapping wildland-urban interfaces at large scales integrating housing density and vegetation aggregation for fire prevention in the South of France“ (Lampin-Maillet et al. 2009) bildet die Grundlage der gegenständlichen Masterarbeit, da hier Methoden für die Definition und Untersuchung des WUI aus der Fachliteratur (größtenteils aus den USA) auf die Situation in Südeuropa im Maßstab angepasst und angewendet wurden.

Für diese Arbeit maßgebendes **Anwendungsbeispiel: Süd- Ost Frankreich (nähe Marseille)** - (siehe Lampin-Maillet et al. 2009: 4)

Kurzbeschreibung des Untersuchungsraumes:

- Größe: 167.670 ha
- 59 Gemeinden
- 60% Wälder und Wiesen, 20% verbautes Gebiet und 20% landwirtschaftlich genutzt
- Bevölkerungsdichte: 420 Einwohner pro km²
- 165 Brände und rund 200 ha verbrannte Fläche pro Jahr im Schnitt der letzten 10 Jahre

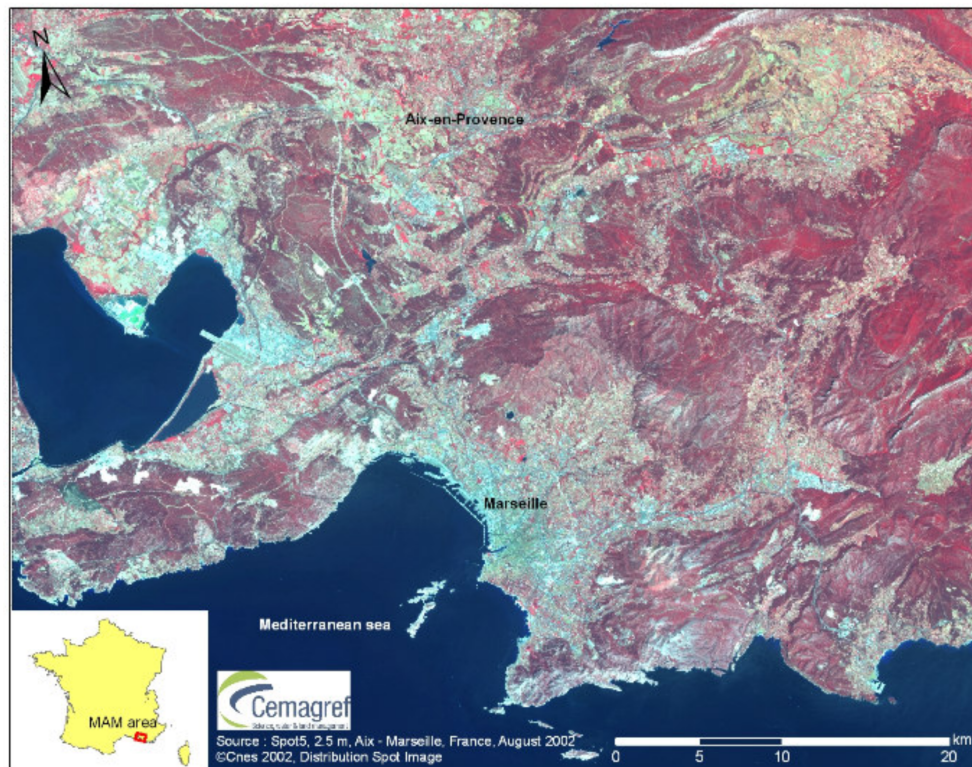


Abbildung 6.5: Untersuchungsraum Südfrankreich (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 4)

Das WUI wird in Anlehnung an das französische Forstrecht wie folgt definiert:

Gebäude welche im Abstand von 200 Metern von Wäldern liegen, müssen im Radius von 100 Metern einen Sicherheitsstreifen (Rodungsstreifen) aufweisen.

(vgl. Lampin-Maillet et al. 2009: 5)

Anmerkung: Es werden nur bewohnte Gebäude in die Untersuchung miteinbezogen.

Die Methode das WUI zu identifizieren und darzustellen, wurde wie folgt in drei Schritten durchgeführt:

1. Erhebung der Konfiguration der Bebauung: isoliert, verstreut, dicht, sehr dicht; Methode nach (vgl. Lampin-Maillet et al. 2009: 5)
2. Erhebung der Struktur der Vegetation in horizontaler Ausrichtung: keine Vegetation, spärliche Vegetation, durchgehende Vegetation;
3. Kombination der beiden Erhebungen mit geografischen Informationssystemen. Daraus ergeben sich 12 Kategorien für eine Wildland-urban Interface Typologie

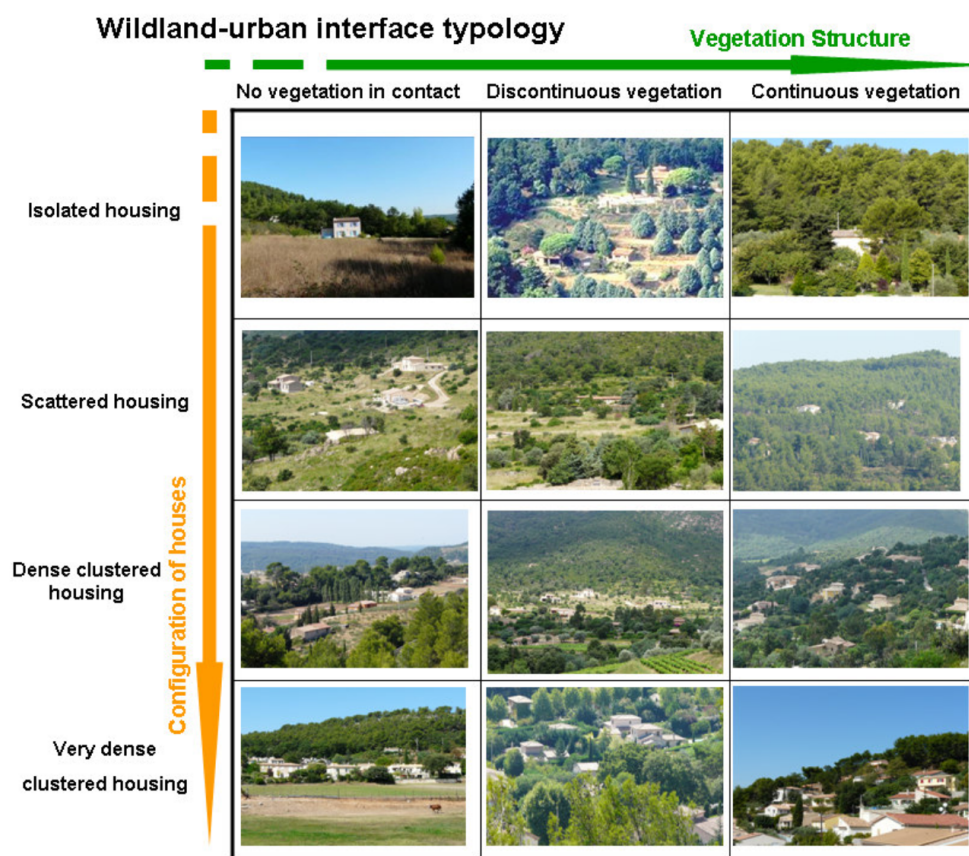


Abbildung 6.6: Darstellung der WUI- Typologie (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 10)

Analysemethode

Ein Indikator für das Entstehungsrisiko in dem jeweiligen WUI- Typus wird berechnet durch die Anzahl der Brandereignisse (im jeweiligen WUI- Typs) dividiert durch die Größe des jeweiligen WUI- Typs. Das Ergebnis wird ausgegeben als Brandentstehungs-Punkte pro 1.000 ha. Mittels Chi-Quadrat-Test (χ^2 Test) ¹ wird untersucht, ob es in einem der WUI- Typen eine signifikant höhere Verteilung gibt. (Lampin-Maillet et al. 2009: 10)

Formel für *Feuerentstehungsdichte* $\rho_{\text{fire},x}$ in Abhängigkeit WUI- Typ; (eigene Formulierung nach: Lampin-Maillet et al. 2009: 10)

$$\rho_{\text{fire},x} = \frac{\text{WUI}_x}{1.000 \text{ ha}} \quad (6.1)$$

x ... Kennzeichnung einer der 12 Wildland-urban Interface Typen

Ein weiterer erfasster Indikator ist jener, der „verbrannten Fläche“. Dieser gibt das Verhältnis zwischen verbrannter Fläche innerhalb eines WUI- Typs zur Gesamtfläche des betrachteten WUI- Typs wieder.

Formel für *Verbrennungsflächenrate* $\eta_{\text{fire},x}$ in Abhängigkeit WUI- Typ; (eigene Formulierung nach: Lampin-Maillet et al. 2009: 10)

$$\eta_{\text{fire},x} = \frac{A_{\text{fire},x}}{A_x} \quad (6.2)$$

x ... Kennzeichnung einer der 12 Wildland-urban Interface Typen

$A_{\text{fire},x}$... verbrannte Fläche eines WUI- Typs

A_x ... Gesamtfläche des betrachteten WUI- Typs

¹Methode der Statistik, um Verteilungshäufigkeiten festzustellen

Untersuchungsergebnis

- 56% der Gebäude befinden sich im WUI
- Gebäudestrukturen: 12% sind isolierte Gebäude, 25% verstreut angeordnete Gebäude, 28% verdichtete Gebäudestrukturen und 35% sehr dichter Siedlungsraum
- Vegetation: 38% der WUI- Fläche weisen keine Vegetation auf, 45% eine niedrige Vegetationsdichte (spärlich) und 17% eine hohe Vegetationsdichte (durchgehend)

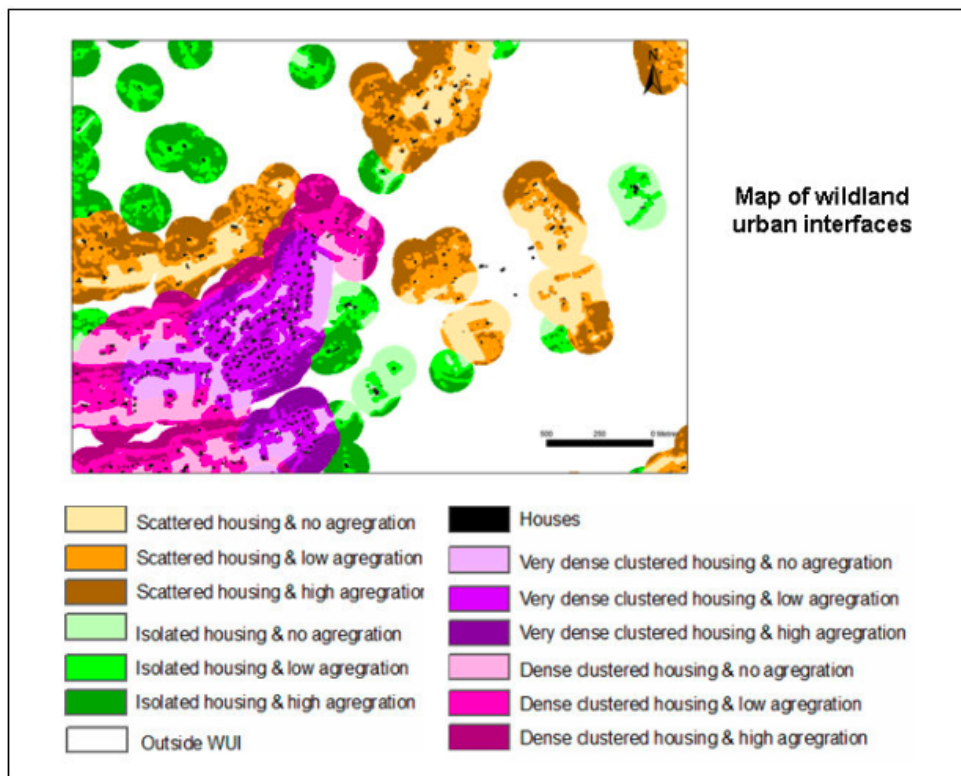


Abbildung 6.7: Darstellung des WUI im Untersuchungsraum (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 9)

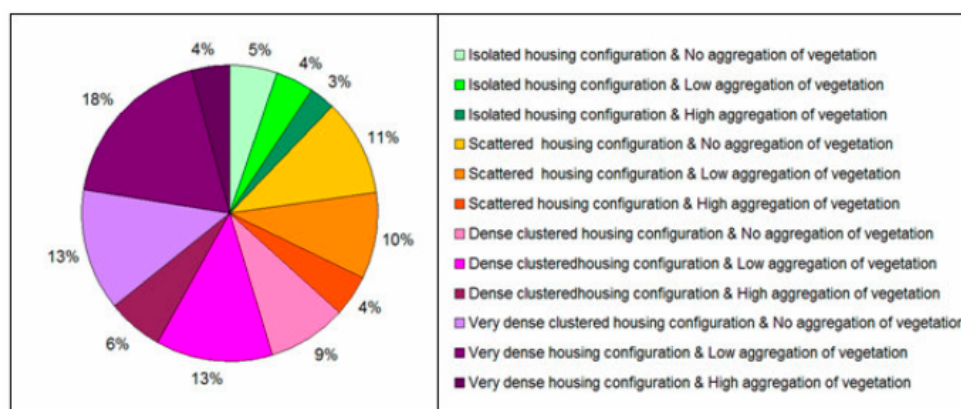


Abbildung 6.8: prozentuale Verteilung der WUI- Kategorien im Untersuchungsraum (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 11)

Zusammenhang und Interpretation

Der Mittelwert für die Feuerentstehungsdichte ρ_{fire} für den gesamten Untersuchungsraum liegt bei 3,4 pro 1.000 ha. Der Wert für das gesamte WUI des Untersuchungsraumes war signifikant höher mit 5,0 pro 1.000 ha.

Die größte Gefahr herrscht demnach in der Kategorie II (isolierte Bebauung mit geringer Vegetation), mit einer Feuerentstehungsdichte $\rho_{\text{fire,II}}$ von rund 12 und einer Verbrennungsflächenrate $\eta_{\text{fire,II}}$ von fast 92%. Die Rate für den gesamten Untersuchungsraum beträgt im Schnitt 13,2%. Es wurde festgestellt, dass die Rate um das 5,6-fache im WUI niedriger ist, als ausserhalb.

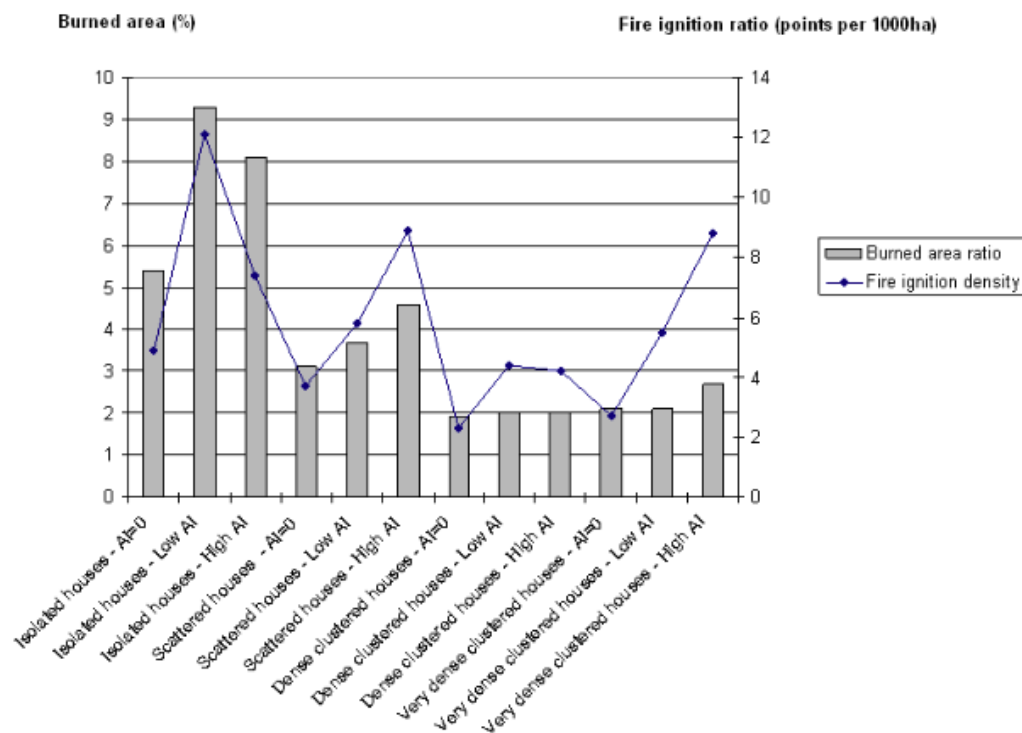


Abbildung 6.9: Darstellung der Feuerentstehungsdichte und der Verbrennungsflächenrate im WUI (Quelle: Lampin-Maillet et al. 2009: 13)

6.1.4 Österreich

Für den österreichischen Raum ist die wissenschaftliche Arbeit „Waldbrände in den Alpen - Stand des Wissens, zukünftige Herausforderungen und Optionen für ein integriertes Waldbrandmanagement“ der europäischen Forschungsgemeinschaft EUSALP (siehe Müller et al. 2020) zu nennen. Das WUI wird mit seiner besonderen Bedeutung und der zu erwartenden Herausforderungen erwähnt (vgl. Müller et al. 2020: 11) bzw. ist eine der empfohlenen, umzusetzenden Präventionsmaßnahme: *„Anpassung der Waldbewirtschaftung, einschließlich der Nutzung von kontrollierten Abbrenntätigkeiten, und Umsetzung von Schutzmaßnahmen am Wildland-urban-Interface.“* (Müller et al. 2020: 4)

6.2 WUI Wienerwald - methodische Anwendung

Für die Erläuterung der Forschungsfrage zu 2.1.1 auf Seite 5 wird die Methode des Vergleichsansatzes (siehe 6.1.3 Beispiel Süd- Ostfrankreich) zur Anwendung gebracht. Der Maßstab wird jedoch für die Anwendung im Biosphärenpark Wienerwald verkleinert, da hier die Schutzziele dementsprechend höher sind bzw. eine höhere Vulnerabilität gegeben ist (Begründung: Verluste an verbrannter Fläche und verbrannten Gebäuden werden weniger akzeptiert). Sämtliche, für eine weiterführende Sicherheitsbeurteilung erforderliche Daten können mit dieser Methodik definiert, erhoben und für den Untersuchungsraum angewendet werden.

6.2.1 Festlegung des WUI Interaktionsraumes

Wie anhand der internationalen Vergleichsdaten festgestellt, gibt es unterschiedliche Ansätze für die Definition und Festlegung des Raumes für das WUI. Aufgrund der geografischen Gegebenheiten und Ausdehnung, ist der WUI- Raum mit 2,4 km in Nordamerika für die Anwendung in Österreich zu groß gewählt, da ebenso das Brandverhalten und die Intensität geringer angenommen werden kann.

Wie im Fallbeispiel Süd- Ostfrankreich, welches das französische Forstrecht als Anhaltspunkt heranzieht, werden 200 Meter Abstand vom Wald als Interaktionsraum definiert. Dies ist mit den österreichischen Verhältnissen (hinsichtlich Vegetation, räumlicher Ausdehnung und Bebauung) vergleichbar, und wird als Grundlage für die Bestimmung des WUI im Biosphärenpark Wienerwald angewendet. Die 200 Meter werden grundsätzlich ab Waldgrenze gemessen, wobei sich die Frage stellt, wo und wie die Waldgrenze definiert wird. Ein möglicher und sinnvoller Ansatz ist die Verwendung des örtlichen Raumordnungsprogramms und des Flächenwidmungsplanes, anhand dessen die Waldgrenze festgelegt werden kann.

6.2.2 Erhebung der WUI Typologie

Für einen Beurteilungsansatz ist es erforderlich, die einzelnen Gebäude und Siedlungsstrukturen im Untersuchungsraum, einem der 12 WUI- Typen zuzuordnen.

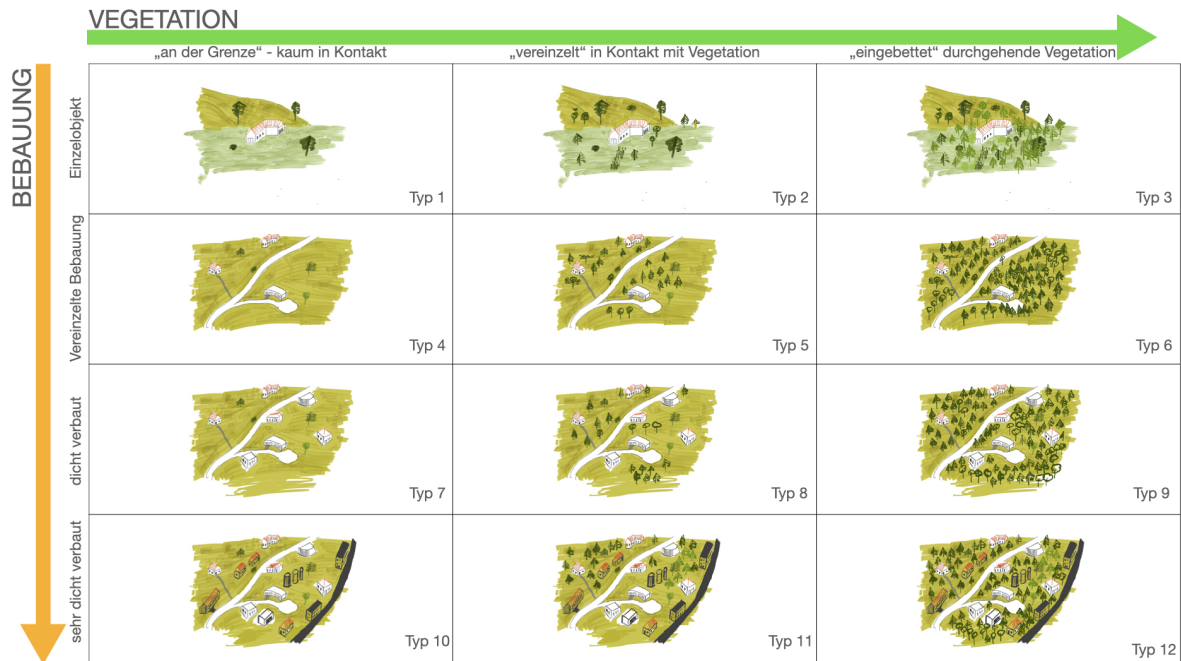


Abbildung 6.10: Übersicht der 12 WUI- Typen (eigene Darstellung, abgeleitet von: Lampin-Maillet et al. 2009: 10)

6.2.3 Feuerentstehungsdichte und Verbrennungsflächenrate (Verlustrate)

Wie unter 6.1.3 auf Seite 33 angeführt, können diese beiden ermittelten Werte, für den angepassten Maßstab (WUI im Wienerwald bzw. dem jeweiligen Untersuchungsraum), eine Skala für die Risikoanalyse darstellen. Registrierte Waldbrandereignisse werden in der österreichischen Waldbranddatenbank (Datengrundlage: BOKU) erfasst und bilden die Basis für die empirisch ermittelte Feuerentstehungsdichte.

maximale *Feuerentstehungsdichte* $\rho_{\text{fire,max.}}$ im WUI- Untersuchungsraum zur Festlegung eines Grenzkrisikos²:

(eigene Formulierung nach: Lampin-Maillet et al. 2009: 10)

$$\rho_{\text{fire,max.}} = \frac{\Sigma \text{WUI}}{1.000 \text{ ha}} = 2,5 \quad (6.3)$$

²festgelegter, vertretbarer Wert für die Feuerentstehung

Der Wert dient einer Betrachtung und Analyse der stattgefundenen Ereignisse und Festlegung einer weiterführenden Strategie im Zuge der folgenden Sicherheitsbeurteilung. Die maximale Feuerentstehungsdichte ist abhängig vom definierten Betrachtungszeitraum und den jeweiligen Gegebenheiten vor Ort. Der Wert für die maximale Feuerentstehungsdichte im WUI wurde mit 2,5 angenommen - in Bezug auf die durchgeführte Untersuchung in Süd-Ostfrankreich (siehe 6.1.3 auf Seite 35) entspricht dies einer Anpassung des Wertes um - 50% und würde somit 2,5 Brandentstehungen auf einer Fläche von 10 km² WUI entsprechen.

Für die Ermittlung einer akzeptierten Verbrennungsfläche, eines/ oder mehrerer Verluste bzw. eines akzeptierten Schadens, zur Festlegung eines Grenzzrisikos können 3 Ansätze verfolgt werden:

1. Verbrennungsflächenrate $\eta_{\text{fire,max.}}$.

maximale *Verbrennungsflächenrate* $\eta_{\text{fire,max.}}$ im WUI- Untersuchungsraum:
(eigene Formulierung nach: Lampin-Maillet et al. 2009: 10)

$$\eta_{\text{fire,max}} = \frac{A_{\text{fire,max}}}{A_{\text{WUI}}} \quad (6.4)$$

$A_{\text{fire,max.}}$... verbrannte Fläche des betrachteten WUI

A_{WUI} ... Gesamtfläche des betrachteten WUI

2. Gebäudeansatz

Anhand der Anzahl der bewohnten Gebäude im Bereich des WUI (200m von Waldgrenze), wird nach einer Abschätzung die Anzahl der gefährdeten Gebäude, der Gesamtgebäudezahl gegenübergestellt. In der Abschätzung einer Gefährdung für das Gebäude sind Faktoren enthalten wie z.B.:

- Exposition
- WUI- Typ
- Bauform
- Bauausführung (Massivbau, Holzriegelkonstruktion, Fertigteilhaus etc.)
- umgesetzte Maßnahmen des vorbeugenden und abwehrenden Brandschutzes

$$Gebäuderate_{\text{gefährdet,max.}} = \frac{Gebäude_{\text{gefährdet}}}{\Sigma Gebäude} \quad (6.5)$$

Die Gebäuderate für gefährdete Gebäude ist im Anwendungsfall festzulegen und kann dementsprechend variieren. Der Wert kann zur Festlegung eines Grenzzrisikos herangezogen werden.

3. Personenansatz

Aufgrund der Anzahl gemeldeter Personen in den gefährdeten Gebäuden im WUI, kann ein Prozentwert definiert werden, der ebenfalls für die Ermittlung und Festlegung eines Grenzzrisikos herangezogen werden kann. Die Anzahl an gefährdeten Personen ist ausschlaggebend für die Abschätzung der einzusetzenden Einsatzmittel (Feuerwehr, Polizei, Militär etc.) um Evakuierungsmaßnahmen, oder die Versorgung von Verletzten durchzuführen.

$$Personen_{gefährdet,max.} = \frac{Personen_{gefährdet}}{\Sigma Personen} \quad (6.6)$$

6.2.4 Gefährdungsabschätzung

Um eine Gefährdungsabschätzung hinsichtlich des Brandgeschehens durchzuführen und dieses auf einer Gefährdungskarte darzustellen, wird die Datenbank *waldbrand.at* (Datengrundlage: Universität für Bodenkultur Wien: Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften 2022) verwendet. Neben den beschriebenen Modellen FWI und FPMC können folgende Parameter für die Darstellung der tagesaktuellen Gefährdung verwendet und unterschiedlich gewichtet werden.

Für die Forschungsfrage betreffend „WUI im Biosphärenpark Wienerwald“ (siehe 2.1.1 auf Seite 5), wurde folgende Variante (Bezeichnung: *WUI- Abschätzung Hoffmann v1.0*) definiert und im Modell implementiert:

ENTZÜNDUNGSGEFAHR	75%		
	Fire Weather Index	50%	
	Ursache	40%	
		<i>Mensch</i>	100%
		<i>Blitz</i>	0%
	Exposition	10%	
AUSBREITUNGSGEFAHR	25%		
	Brennstoffklassen	100%	
	Hangneigung	0%	

7 Waldbrandmanagement - Ein Risikomanagementprozess

7.1 Durchführung einer Sicherheitsbeurteilung

Ein integriertes Waldbrandmanagement soll sich im Allgemeinen mit den Treibern des derzeitigen und auch zukünftigen Brandregimes auseinandersetzen und die negativen Auswirkungen eines Brandgeschehens minimieren (Müller et al. 2020: 64). Wie in der Hypothese 2 beschrieben, soll mithilfe eines regionalen Risikomanagementprozesses (= Waldbrandmanagement) im WUI ein akzeptables Sicherheitsniveau erreicht werden. Dabei sind die besonderen Verhältnisse und Bedingungen im WUI zu berücksichtigen und einzuarbeiten. Dabei ist die Sicherheitsbeurteilung ein integraler Bestandteil und Werkzeug dieses Waldbrandmanagementprozesses, um Risiken zu analysieren, zu bewerten und gegebenenfalls Maßnahmen zur Risikoreduzierung festzulegen.

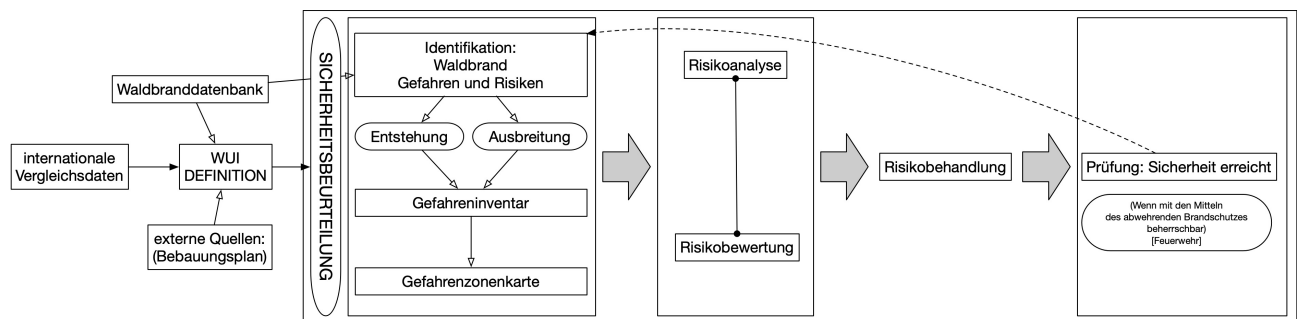


Abbildung 7.1: Prozessdarstellung der Sicherheitsbeurteilung im WUI

7.2 WUI Definition im Untersuchungsraum

7.2.1 Biosphärenpark Wienerwald - vom großen in den kleinen Maßstab

Der gegenständliche Untersuchungsraum *Biosphärenpark Wienerwald* befindet sich am Rand der europäischen Alpenregion. Der Begriff der Alpenregion bezeichnet die geographisch definierte Region in Mitteleuropa gemäß den NUTS-Regionen¹. Die NUTS-Regionen bilden die geografische Grundlage bei der Auswertung und Datenzuordnung von Satellitenaufnahmen für die europäische Waldbranddatenbank EFFIS.

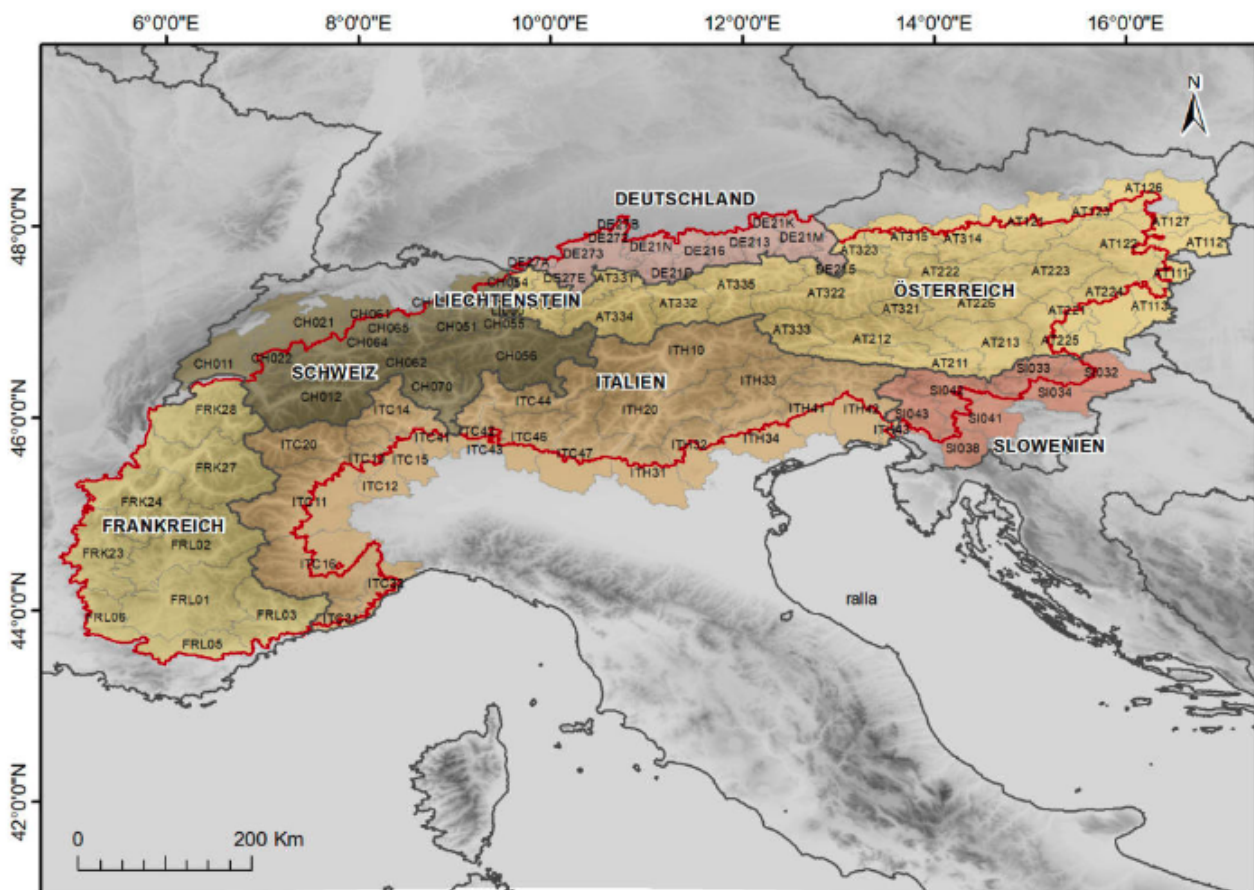


Abbildung 7.2: Karte der Alpenregion auf NUTS-3-Ebene (Quelle: Müller et al. 2020: 12)

Für die weitere Betrachtung wird die Region AT-127 (NUTS-3 Region Code), das *Wiener Umland/ Südteil* herangezogen, in welchem sich der *Biosphärenpark Wienerwald* und darin der Untersuchungsraum befindet.

¹hierarchische Systematik zur Identifikation und Klassifizierung räumlicher Bezugseinheiten für statistische Anwendungen

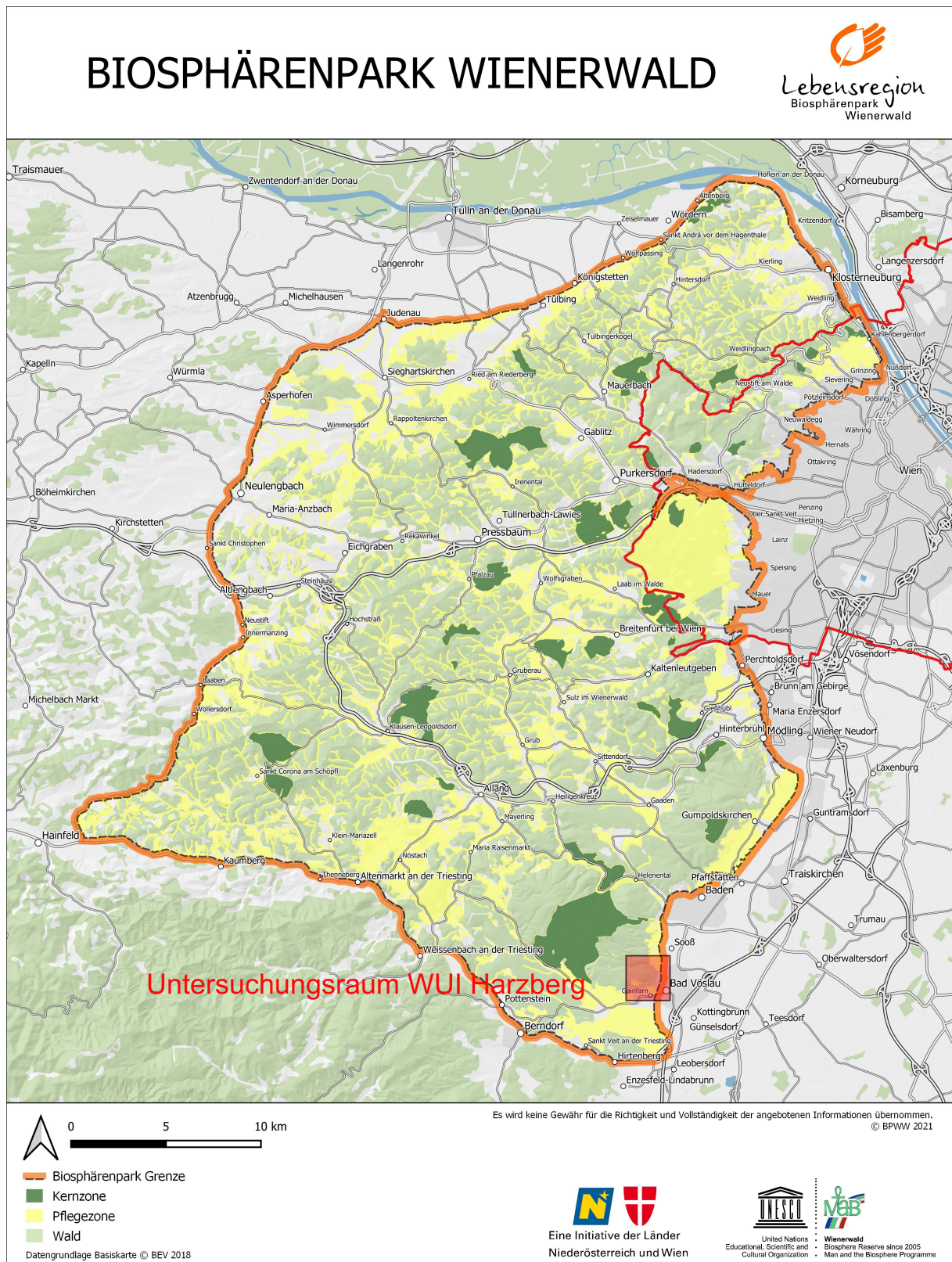


Abbildung 7.3: Biosphärenpark Wienerwald mit hervorgehobenem Untersuchungsraum
(Quelle: <https://www.bpww.at>)

Das Gebiet, welches für die Bearbeitung der Forschungsfrage herangezogen wird, hat die Abmessung von 2 mal 2 km.



Abbildung 7.4: Untersuchungsraum - Google Earth (Quelle: <https://earth.google.com/web>)

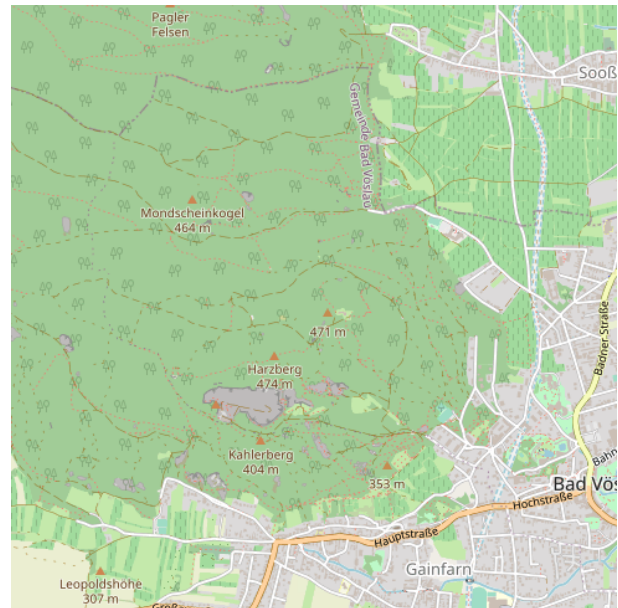


Abbildung 7.5: Untersuchungsraum - Open Street Map (Quelle: <https://www.openstreetmap.org>)

Die beiden Abbildungen stellen den Untersuchungsraum mit den beiden Katastralgemeinden Vöslau und Gainfarn dar. In der Gemeinde Gainfarn ist die Bad Vöslauer Bundesstraße 212 in Ost- West Richtung erkennbar, die eine beidseitige Bebauung umfasst. Im Stadtzentrum Bad Vöslau verläuft die B 212 weiter Richtung Norden und führt am Rande des Wienerwaldes Richtung Baden.

7.2.2 Der Harzberg in Bad Vöslau

Der WUI Untersuchungsraum der gegenständlichen Arbeit wurde für eine beispielhafte Bearbeitung der Forschungsfragen und für die Anwendung von Vergleichsdaten ausgewählt. Das Gebiet umfasst rund 4 km² bzw. 400 ha und besteht aus dem Föhrenwald rund um den Harzberg (474 m ü.A.)² im Gemeindegebiet von Bad Vöslau, welcher sich im süd-östlichen Teil des Biosphärenparks befindet. Bad Vöslau ist eine Kurstadt mit rund 12.500 Einwohnern, welche von Tourismus und dem Kurbetrieb gekennzeichnet ist. Dementsprechend wird der Wald als Erholungsraum genutzt und stark frequentiert. Unzählige Wander-, Mountainbike- und Forstwege führen durch diesen Erholungswald (siehe Entzündungsfahr, 5.3.1 auf Seite 18).

²Seehöhe, Meter über Adria



Abbildung 7.6: Wanderwege und somit menschliche Präsenz im Biosphärenpark



Abbildung 7.7: Föhrenwald, Blick Richtung Osten/ Stadtgebiet

7.2.3 Darstellung des WUI

Anhand des aktuellen Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes der Stadtgemeinde Bad Vöslau, sowie durchgeführter Erhebungen der Vegetation vor Ort, wurde die Waldgrenze festgelegt und im Plan dargestellt und bildet somit die Linie zwischen Wald und innerer WUI- Grenze. Wie unter 6.2.1 erläutert, wurde im Abstand von 200 Metern von der inneren WUI- Grenze die äußere WUI- Grenze gebildet. Dadurch ergab sich jener Bereich, der als WUI bzw. WUI- Interaktionsraum im Untersuchungsgebiet Harzberg bezeichnet wird (siehe A.4).

7.3 Anwendung der Vergleichsdaten im Untersuchungsraum

7.3.1 WUI Typen im Untersuchungsraum

Anhand des aktuellen Bebauungsplanes der Stadtgemeinde Bad Vöslau (Stand: 25.03.2021), sowie der Durchführung von Drohnenbefliegungen und Begehungen vor Ort, wurden Gebäude- und Siedlungsstrukturen einem jeweiligen WUI- Typus zugeschrieben und zusammengefasst. Diese Gebäude- und Siedlungsstrukturen wurden in einem Plan dargestellt (siehe A.5) und anhand einer laufenden, internen Nummer zugeordnet.

7.3.2 Modell für die Abschätzung der Entstehung und Ausbreitung

Um im übernächsten Bearbeitungsschritt ein Gefahreninventar bzw. eine Liste der gefährdeten Siedlungsstrukturen zu erhalten, wurden die statischen Daten der vorhin beschriebenen georeferenzierten Erhebungen, um die Daten der dynamischen Entstehungs- und Ausbreitungsgefährdung (siehe 6.2.3) ergänzt.

Für die Gefährdungsabschätzung wurde wie unter Pkt. 6.2.4 beschrieben, ein Modell mit Parametern für das WUI abgeschätzt und in die Waldbranddatenbank (waldbrand.at) der BOKU zur grafischen Darstellung und Ausgabe einer Gefahrenzonenkarte eingegeben. Grundsätzlich werden im Zuge der gegenständlichen methodischen Abhandlung lediglich statische Parameter verwendet. Dynamische Elemente wie z.B. die Windrichtung wurden im weiteren Verlauf ebenso als statisch angenommen, da sich die geografische Darstellung kaum ändert.

Es wurden folgende Berechnungsparameter für den Untersuchungsraum eingegeben:

ENTZÜNDUNGSGEFAHR	75%		
	→ Fire Weather Index	50%	
	→ Ursache	40%	
		→ <i>Mensch</i>	100%
		→ <i>Blitz</i>	0%
	→ Exposition	10%	
AUSBREITUNGSGEFAHR	25%		
	→ Brennstoffklassen	100%	
	→ Hangneigung	0%	

Erläuterung zu den Eingabeparametern:

Die Entzündungsgefahr stellt insbesondere im WUI aufgrund der hohen menschlichen Präsenz das Hauptaugenmerk (Gewichtung mit 75%) dar. Für die Berechnung wurde eine natürliche Entzündungsquelle (wie z.B. Blitzschlag) ausgeschlossen. Das Berechnungsmodell stellt einen Ansatz für die Abschätzung der Gefahr dar, jedoch sind für genauere

Aussagen und Abschätzungen mehr Daten erforderlich. Für die Ausbreitungsgefahr wurde die Hangneigung aufgrund der zu erwartenden hohen Brandlast im WUI und der entstehenden Strahlungswärme nicht berücksichtigt. Die Brennstoffklassen wurden anhand der Abschätzung der Vegetationsform festgelegt, jedoch sind hier ebenfalls im Bereich des WUI bessere Datenlagen bzw. die Erstellung neuer Brennstoffklassen für das WUI erforderlich.

Die vorherrschende Baumart im Untersuchungsraum ist die Schwarzföhre bzw. die Schwarzkiefer (*Pinus nigra*), welche der Brennstoffklasse 183 (= Nadelwald, mittlere Brennstoffmenge) zuzuordnen ist. Die Schwarzföhre (Anm.: auch Schirmföhre genannt) weist gegenüber Bodenfeuern eine hohe Resilienz auf, weil ihre dicke Borke das lebende Gewebe vor den hohen Feuertemperaturen schützt. Auf einer Brandfläche in Niederösterreich konnte beobachtet werden, dass Schwarzkiefern selbst mit 60-70% versengtem Kronenanteil noch eine gute Überlebensrate aufweisen. (Vacik et al. 2020: 195).

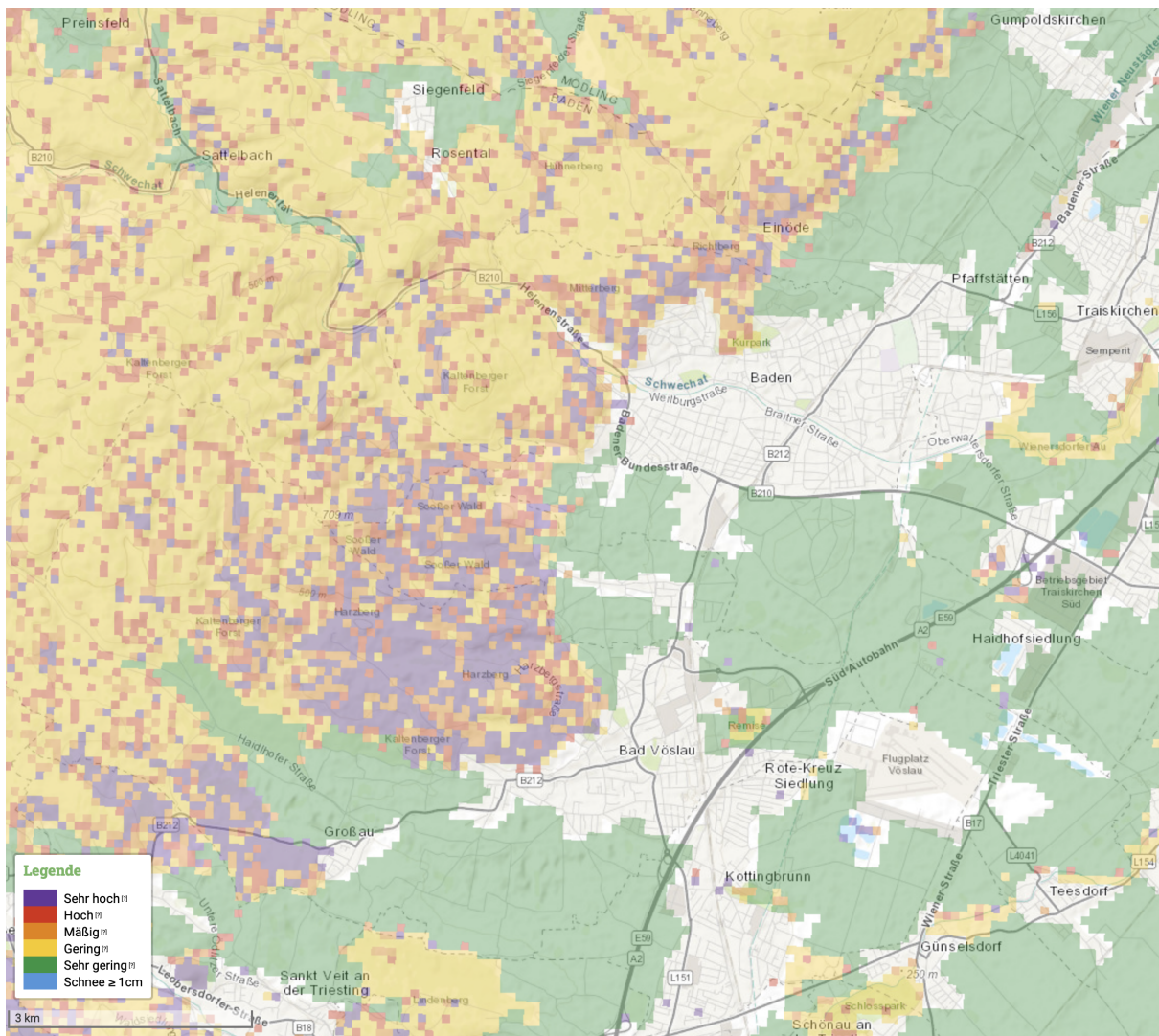


Abbildung 7.8: berechnete Gefahrenzonenkarte (Quelle: <https://www.waldbrand.at>)

7.4 Das Gefahreninventar im WUI

Das Gefahreninventar umfasst grundsätzlich eine Liste an möglichen, spezifischen Gefahren, die zu einem schadensrelevanten Ereignis führen könnten (vgl. Rudolf-Miklau 2018: 70). Die Erhebung des Gefahreninventars erfolgt in gegenständlicher Anwendung mehrstufig: Zum einen wurden die Gebäude- und Siedlungsstrukturen im Untersuchungsraum bereits einem WUI- Typus zugeschrieben. Dies implementiert bereits eine Abschätzung der Gefährdung hinsichtlich Entstehung und Ausbreitung aufgrund der Faktoren Vegetation und Bebauungsdichte. In weiterer Folge werden Besonderheiten der Nutzung und Bauform (wie z.B. der Standort des Seniorenheims und damit die zu erwartende Anzahl an mobilitätseingeschränkten Personen, oder Einfamilienhaussiedlung und Garagen mit der Gefahr von Fahrzeugbränden etc.), sowie die Personenanzahl im jeweiligen Bereich abgeschätzt und bewertet. Die Abschätzung der Personenanzahl in der jeweiligen Siedlungsstruktur erfolgt mittels Multiplikation der vorhandenen Haushalte mal dem österreichischen Durchschnittshaushalt von 2,19 Personen (Datengrundlage: Mohr 2022).

Beispiel: Brand eines Fahrzeuges im Carport → Gefahreninventar- Nummer G4 (Einfamilienhäuser mit Carports im Bereich (interne Nr. 4), mit WUI- Typ 8)

Die Gefahren des Gefahreninventars werden mit der Bezeichnung G.. und laufender Nummer definiert. Das Gefahreninventar ist im Anhang ersichtlich (siehe B.1 auf Seite 82).

7.5 Festlegung des Schutzziels

Das Schutzziel wird damit festgelegt, dass ein Brandgeschehen im WUI den Verlust von Menschenleben durch die zu erwartende Brand- und Rauchgasentwicklung (bis auf das Restrisiko) ausschließt und das Brandgeschehen mit den örtlich vorhandenen Einsatzmitteln beherrschbar bleibt.

Sämtliche dahingehende Annahmen und Beurteilungen werden unabhängig von der Wirkungsrichtung getroffen:

Der Waldbrand greift auf ein oder mehrere Gebäude über, oder ein Gebäudebrand verursacht einen ausgedehnten Waldbrand.

Für die Beurteilung zur Erreichung des Schutzzieles bzw. zur Festlegung eines Grenzzrisikos können die unter 6.2.3 auf Seite ansätze angeführten Ansätze als Hilfsmittel zur Beurteilung herangezogen werden.

Der Ansatz der Beherrschbarkeit wird desweiteren unter Verwendung der niederösterreichischen Alarmstufen für Brandeinsätze und dem vergleichen ähnlicher Brandgeschehen

gewählt. Im Anlassfall bedeutet dies für den Untersuchungsraum die Alarmstufe B4 - Waldbrand mit der Alarmierung von 4 Feuerwehren (gesamter Unterabschnitt) und rund 120 Einsatzkräften an der Einsatzstelle. Die Leistungsfähigkeit von Feuerwehreinsatzmitteln ist regional aufgrund der technischen Ausstattung und der tagesaktuellen Verfügbarkeit von Einsatzkräften unterschiedlich. Im Anwendungsfall kann angenommen werden, dass der Brand von 3 benachbarten Gebäuden unter Vorwegnahme des Totalverlustes der Gebäude, mit den örtlich vorhandenen Mitteln beherrscht werden kann. Eine weitere Eskalation der Brandsituation, aber auch die Erfordernis einer zeitlich bedingten Ablöse würde die Nachalarmierung weiterer Feuerwehreinsatzkräfte, von z.B. anderen Feuerwehren des Bezirkes Baden, von überörtlichen Katastrophenhilfsdienststeinheiten, oder der Sonderdienste Flugdienst und Waldbrand erforderlich machen.

Beispiel: Verbrennungsflächenrate mit Gebäudeansatz für den Gefahrenbereich G15

Ermittlung Grenzkrisiko:

$$Gebäuderate_{\text{gefährdet,max.}} = \frac{Gebäude_{\text{gefährdet}}}{\Sigma Gebäude} = \frac{3}{25} = 0,12 \quad (7.1)$$

$$Gebäuderate_{\text{gefährdet}} = \frac{Gebäude_{\text{gefährdet}}}{\Sigma Gebäude} = \frac{10}{25} = 0,4 > 0,12 \quad (7.2)$$

Somit kann festgestellt werden, dass für 7 von den 25 Gebäuden im Gefahrenbereich G15 eine Risikobehandlung erforderlich ist, um den Wert für das Grenzkrisiko von 0,12 (Gebäuderate) zu erreichen.

7.6 Risikoanalyse und Risikobewertung

Die Risikoanalyse und Bewertung erfolgt unter Berücksichtigung eines Gesamtansatzes aus zu erwartender Verbrennungsflächenrate, einem Gebäude- und einem Personenansatz (Anzahl der gefährdeten bzw. zu evakuierenden Personen). Das Risiko wird anhand der Gefahren des Gefahreninventars bewertet und in einer Risikomatrix dargestellt. In dieser Risikomatrix wird das Konzept ALARP³ angewendet. Dadurch werden Bereiche definiert, welche ein akzeptables Risiko, einen ALARP- Bereich und ein inakzeptables Risiko darstellen. Anhand des definierten Schutzzieles und dem damit verbundenen Grenzkrisiko wird beurteilt, welche Gefahren des Gefahreninventars durch Maßnahmen der Risikobehandlung in den vertretbaren Bereich verschoben werden müssen.

In nachstehender Risikomatrix sind die analysierten Gefahren ersichtlich, sowie der Sachverhalt, dass sich die Gefahr G15 im inakzeptablen Bereich befindet und einer Risikobehandlung zur Erreichung des Grenzkrisikos bedarf.

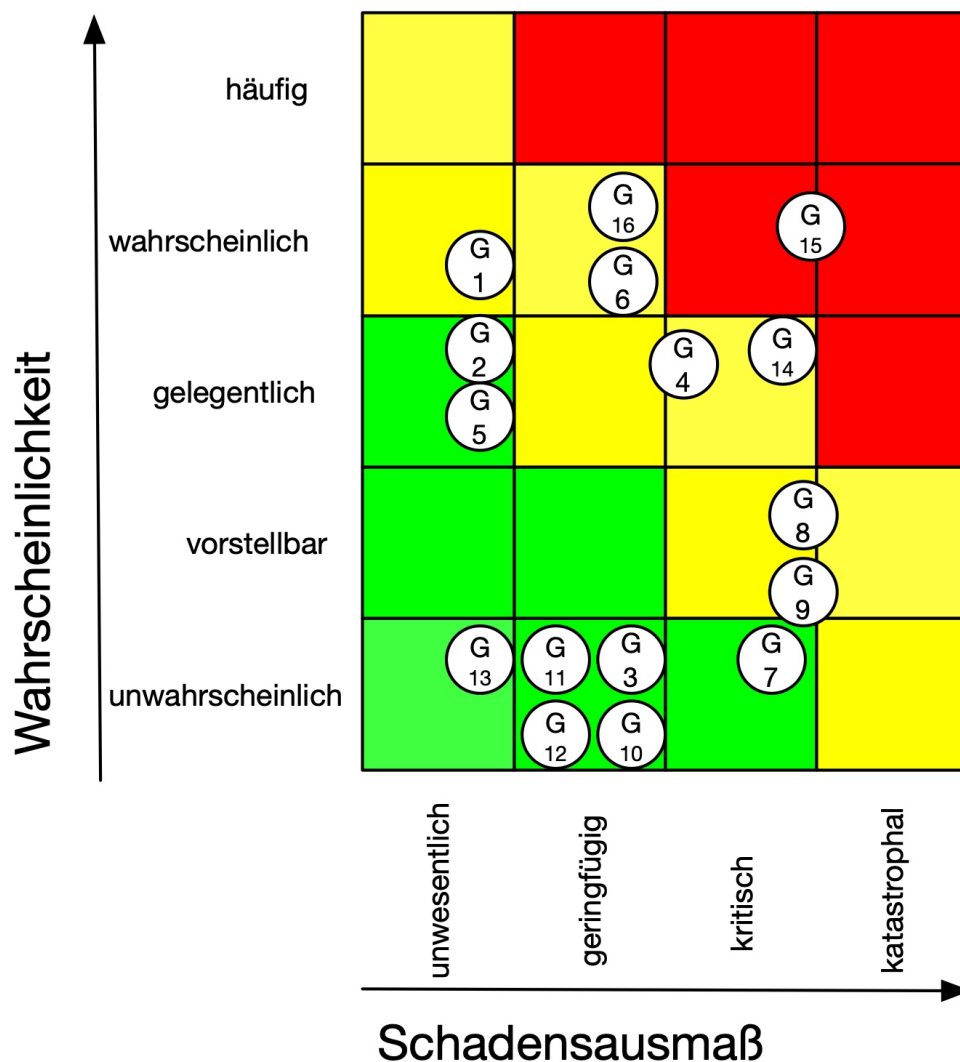


Abbildung 7.9: Risikomatrix nach ALARP-Prinzip für den Untersuchungsraum „WUI- Biosphärenpark Wienerwald/ Abschnitt Harzberg Bad Vöslau“

³Akronym: as low as reasonably practicable (deutsch: so niedrig, wie vernünftigerweise praktikabel)

7.7 Maßnahmen der Risikobehandlung

Für Gebäude und Infrastrukturen werden Maßnahmen, die einer Reduktion des Risikos hinsichtlich Brandentstehung und Brandausbreitung, oder der Unterstützung eines Feuerwehreinsatzes dienen, in den jeweiligen Bauvorschriften und technischen Regelwerken des vorbeugenden Brandschutzes (Technische Richtlinien für den vorbeugenden Brandschutz (TRVB)) definiert. Diese sind auszugsweise:

- NÖ Bauordnung 2014
- Richtlinien des österreichischen Instituts für Bautechnik - OIB Richtlinie 2 „Brandschutz“
- technische Richtlinie vorbeugender Brandschutz - TRVB A 100 „Brandschutzeinrichtungen-rechnerischer Nachweis“
- technische Richtlinie vorbeugender Brandschutz - TRVB A 107 „Brandschutzkonzepte“
- technische Richtlinie vorbeugender Brandschutz - TRVB B 108 „baulicher Brandschutz-Brandabschnittsbildungen“
- technische Richtlinie vorbeugender Brandschutz - TRVB F 134 „Flächen für die Feuerwehr“
- technische Richtlinie vorbeugender Brandschutz - TRVB 137 F „Löschwasserbedarf“

In keiner der oben angeführten Regelwerken bzw. den technischen Richtlinien für vorbeugenden Brandschutz existiert ein Bezug auf das WUI, oder auf die Thematik der Wechselwirkung zwischen Vegetation des Waldes und der Gebäudestruktur.

Beispielsweise hat Australien mit rund 50.000 Waldbrandereignissen im Jahr, bei welchen im Durchschnitt 84 Gebäude vollständig zerstört werden, einen Handlungsbedarf erkannt und Bauvorschriften für das WUI in dem *National Construction Code (NCC)* festgelegt (vgl. Baker et al. 2019: 1).

Aufgrund der Beurteilung internationaler Vergleichsdaten und der Untersuchung stattgefundenere Ereignisse in Europa erscheinen folgende Punkte einer Risikobehandlung im WUI sinnvoll:

- Anpassung der Vegetation durch Anpassung der Waldfachpläne zur Reduktion der Vegetationsbrandlast („fuels“) an der inneren Grenze des WUI.
- Anpassung der Waldbewirtschaftung in bestimmten Bereichen des WUI, weg vom Erholungswald hin zu einer Kulturlandschaft. Dies hat zur Folge, dass Holz und somit Brandlast in diesem Bereich reduziert wird.

- Freihaltung von Bereichen („brandlastfrei“) rund um gefährdete Gebäude im WUI. Als besonders dafür geeignet erscheinen die WUI- Typen 3 (Einzelobjekt eingebettet in Vegetation), 5 (vereinzelte Bebauung mit Kontakt zur Vegetation), und 6 (vereinzelte Bebauung eingebettet in die Vegetation).
- Sicherstellung einer höheren Löschmittelrate im Bereich des WUI, gegenüber einer ausschließlichen Wohnbebauung, um auch wasserintensive Löschgeräte wie z.B. Wasserwerfer (ca. 2.000 Liter pro Minute), Kreisregner (Sprinkler), oder Düsenschläuche (ca. 800 Liter pro Minute) zum Brechen der Brandlast und/oder Herstellen einer Riegelstellung über einen längeren Zeitraum (ca. 60 Minuten) betrieben werden können.
- Anpassung der Bebauungsvorschriften hinsichtlich Bauform (z.B. keine überhängende Dachtraufe, die einem Vegetationsbrand Angriffsfläche bietet), sowie der Vorschriften bei der Bauausführung (z.B. Vorschrift bei der Verwendung von Wärmedämmverbundsystemen ähnlich Hochhäusern)
- Planungs- und Vorsorgemaßnahmen für die Phase der Bewältigung, um die Einsatzkräfte lotsen und koordiniert einsetzen zu können. Als Beispiel kann hier der *Einsatzplan 2022* angeführt werden, welcher eine Kartografierung eines Projektgebiets von rd. 270.000 ha über 95 Gemeinden in Niederösterreich vorsieht.
- Abstimmung des Bebauungs- und Flächenwidmungsplanes auf den Waldfachplan und die Gegebenheiten des WUI
- Verwendung anderer Vegetationsformen, weg von der Monokultur des Föhrenwaldes. Wie z.B. der Mittelmeer-Zypresse (*Cupressus sempervirens*), mit welcher sich derzeit zahlreiche Forschungsarbeiten wie das „CypFire“-Projekt beschäftigen, da diese eine natürliche Feuerschutzmauer bilden kann
- Durchführung eines integrierten Waldbrandmanagements hinsichtlich Information: wie z.B. die Durchführung von Informationsveranstaltungen, oder Postwurfsendungen für die Bewohner des WUI. Als Beispiel kann hier das kanadische Forstministerium genannt werden, welches im Zuge eines 10-jahres Plan einen Managementplan insbesondere für den Bereich des WUI zur Umsetzung vorgesehen hat (siehe Canadian Council of Forest Ministers Wildland Fire Management Working Group 2016).

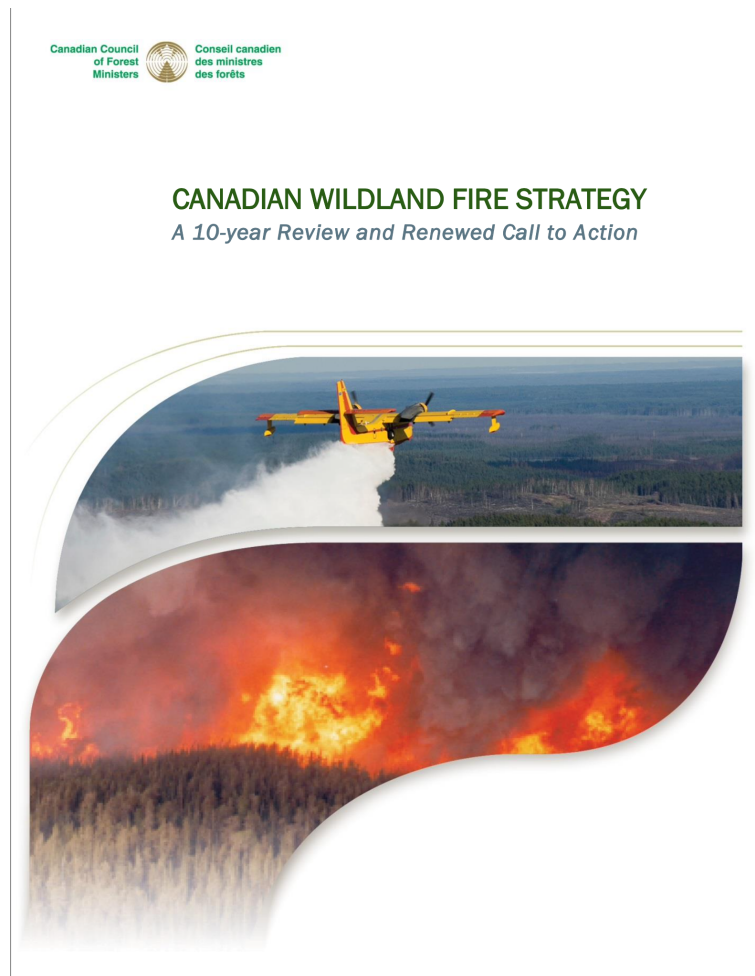


Abbildung 7.10: Kanadische Waldbrandstrategie - 10 Jahresplan, Titelblatt (Quelle: Canadian Council of Forest Ministers Wildland Fire Management Working Group 2016: 1)

7.7.1 Maßnahmen der Risikobehandlung für den Gefahrenbereich G15

Der Gefahrenbereich G15 wird von einer Wohnsiedlung aus rund 25 Gebäuden, vorwiegend Einfamilienhäusern gebildet, die entlang einer Erschließungsstraße am Südhang des Harzberges liegen. Der Bereich ist dem WUI- Typ Nr. 6 zugeordnet, was eine vereinzelte Bebauung in eingebetteter Vegetation bedeutet.



Abbildung 7.11: Drohnenaufnahme des Gefahrenbereiches Nr. G15 am Südhang des Harzberges in Bad Vöslau

Nach Anwendung einer Gefährdungsabschätzung durch Dateneingabe in das Modell waldbrand.at, welchem der FWI, sowie die festgelegten Parameter für das WUI zugrunde liegen, ergibt sich eine sehr hohe Gefährdung für diesen Bereich.

Die Zuordnung der Wahrscheinlichkeit nach „wahrscheinlich“ innerhalb der Risikomatrix erfolgte zum einen aufgrund der Tatsache, dass dieser Bereich der Ausgangspunkt für viele Wanderwege, sowie für die Forststrasse zu der stark frequentierten Vöslauer Hütte am Harzberg ist, zum anderen weil dokumentierte Brandereignisse in diesem Bereich auf eine erhöhte Wahrscheinlichkeit schliessen lassen.

Diese Einschätzung deckt sich mit der Datenlage aus dem Anwendungsbeispiel Südost-Frankreich (siehe 6.1.3), welches für den WUI- Typus Nr. 6 die zweithöchste Feuerentstehungsdichte und die vierthöchste Verbrennungsflächenrate aller WUI- Typen aufweist.

Als Maßnahme zur Reduktion des Risikos, scheinen Maßnahmen zur Reduzierung des Schadensausmaß am geeignetsten, um hier auch den Ansprüchen des Waldes als Erholungs- und Tourismuswald zu entsprechen. Eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit wäre nur durch

Reduktion der Frequentierung umzusetzen, was nur eine Verlagerung der Problematik bedeuten würde.

Um das Schadensausmaß zu reduzieren können folgende Umsetzungmaßnahmen ange-
dacht werden:

- Schaffung eines 30 Meter Sicherheitsbereiches vom Bebauungsbereich zur durchgehenden Schwarzkiefer- Vegetation und somit Reduzierung der Brandlast (fuels). Eine Weiterführung der in diesem Bereich bereits vorhandenen Trockenrasenflächen ist denkbar.
- Anpassung der Bauform für zukünftige Bauprojekte (z.B. keine Dachüberstände, und/oder Vorschreibung von schwer entflammbarem Dämm- Material)

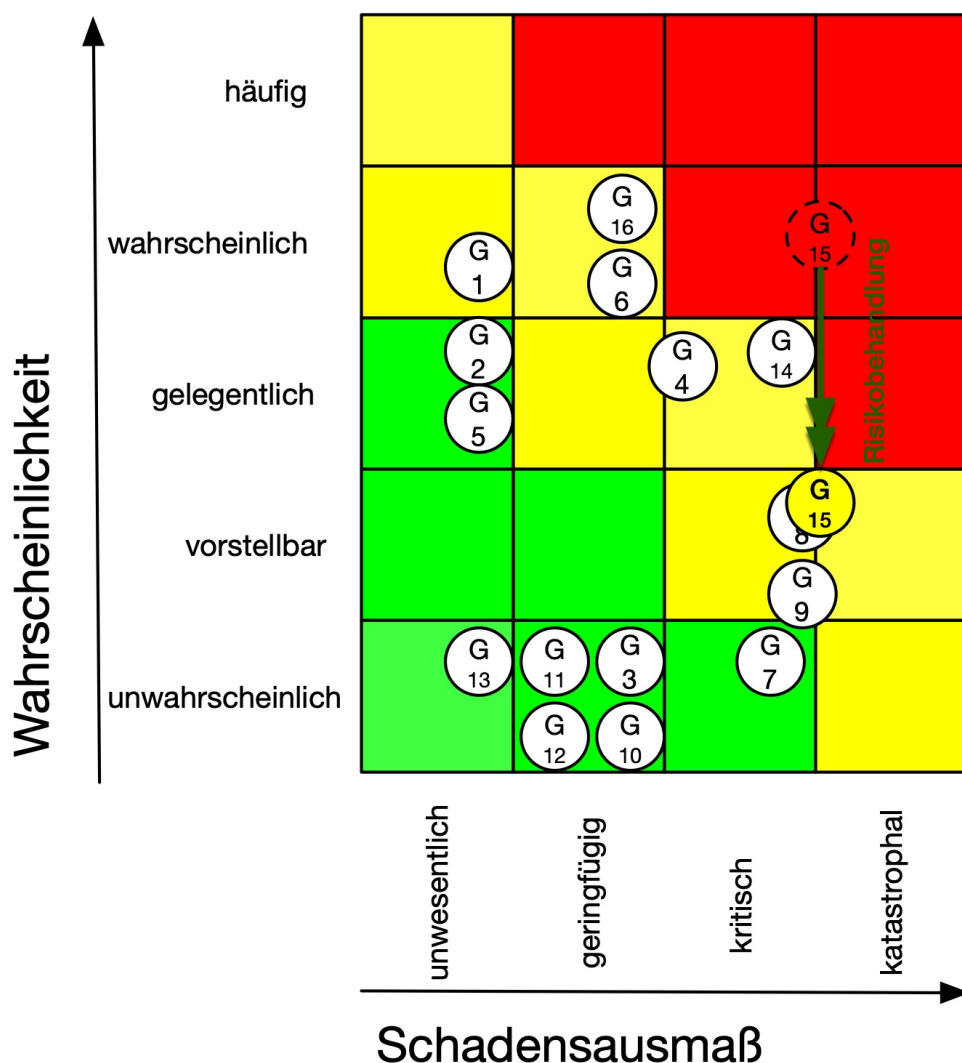


Abbildung 7.12: Risikomatrix nach durchgeführter Risikobehandlung „WUI- Biosphärenpark Wienerwald/ Abschnitt Harzberg Bad Vöslau“

Nach durchgeführter Risikobehandlung wurde die Gefahr (Nr. G15) innerhalb der Risikomatrix in den ALARP- Bereich verschoben, was einem akzeptablem Risikoniveau entspricht.

8 Schlussfolgerung

8.1 Forschungserkenntnisse

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Bereich des WUI anhand der Verwendung internationaler Vergleichsdaten und unter Anwendung an einem konkreten Fallbeispiel, für den Biosphärenpark Wienerwald in den östlichen Voralpen zu definieren und zu untersuchen. Dabei wurde festgestellt, dass im deutschsprachigen Raum keine Definition für das WUI besteht und nur vereinzelt Bezug zum WUI und dessen Besonderheiten genommen wird. Dementsprechend muss für weitere wissenschaftliche Aussagen in Zukunft die Datenlage hier nachgebessert werden. Ebenso gibt es unterschiedliche, internationale Definitionen für den Bereich des WUI, sowie wie für den Waldbrand und dessen Gefährdungsstufen. Jedoch wird aktuell an einer Vereinheitlichung auf europäischer Ebene gearbeitet (siehe EFFIS).

Die Daten und methodischen Ansätze von anderen europäischen Forschungsarbeiten mit dem Thema der Vulnerabilität des WUI konnten übernommen und für den Anwendungsfall in Österreich verwendet werden.

Im Bereich der Vorschriften des vorbeugenden Brandschutzes, welche das Risiko der Ausbreitung und Entstehung eines Brandgeschehens reduzieren sollen, gibt es aktuell keinen Bezug zur der Schnittstelle zwischen urbaner Verbauung und der Vegetation.

Ebenso ist die Durchführung eines integrierten Waldbrandmanagementprozesses, welche alle beteiligten Stakeholder umfasst (Anmerkung: im Bereich des WUI vor allem die Anwohner, sowie die Standortgemeinde), in Österreich noch auszubauen (Anmerkung: siehe Beispiel Kanada: 10-jahres Strategie), da vor allem in den Bereichen Vermeidung und Vorsorge relativ rasch und kostengünstig Mittel zur Verringerung des Risikos vorhanden wären.

Die Besonderheit des WUI rückt zukünftig näher in den Fokus für sämtliche Verantwortungsträger, da auch anhand der jüngsten, größeren Waldbrandereignisse (siehe sächsische Schweiz (Deutschland/ Sachsen) - Juli 2022, oder Friaul (Italien/ Venetien - Juli 2022) beobachtet werden konnte, dass Gebäude gefährdet wurden und Menschen evakuiert werden mussten.

8.2 Beantwortung der Forschungsfragen

8.2.1 zu Forschungsfrage 1

In der gegenständlichen Arbeit konnte festgestellt werden, dass es einer einheitlichen Bewertung der Brandereignisse im WUI, sowie der Gefährdungsstufen bedarf, um Vergleiche und Schlussfolgerungen für Maßnahmen einer Vermeidung, Prävention, Bewältigung, oder Wiederherstellung durchführen zu können.

Hinsichtlich Abschätzung der Entstehung und Ausbreitung können die Daten des EFFIS für eine Einschätzung im größeren Maßstab (Rasterauflösung 8x8 km) herangezogen werden. Dies hat den Vorteil, dass dieses Modell die Basis für die europäische Waldbrandinformation bildet und internationale Vergleiche möglich sind.

Für die Verwendung im Alpenraum bzw. im gegenständlichen Untersuchungsraum ist eine Waldbranddatenbank mit höherer Auflösung (z.B. *Waldbrand.at* mit einer Auflösung von 1x1 km) besser geeignet, da auch die Wetterdaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) mit einer Auflösung von 1x1 km eingepflegt werden und lokale Gefahrenstellen besser abgeschätzt werden können.

Analog der Dateneingabe für die Waldbrandmodelle FWI und FFMCI, können die Parameter für eine kumulative Waldbrand- Gefährdungsabschätzung verwendet werden:

- Meteorologie
- Topographie
- Vegetation
- Phänologie
- menschlicher Einfluss

Mit der Abschätzung einer Gewichtung der jeweiligen Einflussfaktoren für das WUI konnte eine Gefährdungskarte erstellt werden.

Hinsichtlich der Kennzeichnung und Definition des WUI im Untersuchungsraum konnte festgestellt werden, dass der nordamerikanische Maßstab mit 2,4 km Interaktionsraum zu groß gewählt wäre, jedoch ein Anwendungsbeispiel aus dem Raum Marseille (Europa/ Frankreich) übernommen werden konnte. Dabei wird der Raum des WUI mit 200 Metern von der Waldgrenze definiert.

Ebenso wurde die Typologie der Einteilung von Gebäude- und Siedlungsstruktur in 12 Typen, abhängig von der Vegetations- und der Bebauungsdichte aus dem Anwendungsbeispiel verwendet.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass das Wildland- Urban Interface des Wienerwaldes anhand von südeuropäischen Vergleichsdaten definiert, und die Waldbrandcharakteristik (Entstehung und Ausbreitung) aufgrund der Anwendung von auf den Untersuchungsraum angepassten Abschätzungsmodellen wie dem FWI, oder dem FPMC beurteilt werden kann. Eine weitere Einschätzung der Gefährdung für Bebauungsbereiche im Untersuchungsraum kann durch die Verwendung der Einteilung in WUI- Typen durchgeführt werden.

8.2.2 zu Forschungsfrage 2

Anhand der Durchführung einer Sicherheitsbeurteilung als integraler Bestandteil eines regionalen Risikomanagementprozesses (*Waldbrandmanagement*), kann anhand eines konkreten Anwendungsbeispiels (bzw. eines festzulegende Untersuchungsraumes), die zu erwartenden Gefahren und die damit verbundenen Risiken abgeschätzt werden. Im Zuge einer angewandten Risikoanalyse nach vorangegangener Festlegung eines Grenzzrisikos, können Bereiche festgestellt werden, die ausserhalb eines tolerierbaren Risikobereichs liegen und einer Risikobehandlung zu unterziehen sind.

Die zu setzenden Maßnahmen der Risikobehandlung können von den jeweiligen Verantwortungsträgern (Baubehörde, Feuerwehr, Gemeindevertretung, Forstverwaltung, etc.) ausgearbeitet und bereitgehalten werden, um diese im Anlassfall umsetzen zu können, um ein allgemein akzeptables Sicherheitsniveau zu erreichen. Welche Maßnahmen sinnvoll gesetzt werden können ist abhängig von dem zu erreichendem Schutzziel und der Zuordnung in Vermeidung, Vorsorge, Bewältigung und Wiederherstellung. Jedenfalls tragen die Maßnahmen entweder zur Verringerung der Eintrittswahrscheinlichkeit, oder des zu erwartenden Schadensausmaßes bei.

9 Ausblick

Wie eingangs dieser Arbeit erwähnt (siehe 1.2 auf Seite 3), wird der Klimawandel als Teilspekt der Thematik Waldbrand, in naher Zukunft die Vegetation unseres Waldes dahingehend beeinflussen, als dass Brandereignisse im Waldgebiet in den Fokus der Bevölkerung, und hier vorallem der Bewohner von Waldrandlagen im WUI rücken wird.

In der gegenständlichen Arbeit wurde für die beispielhafte Bearbeitung ein bewusst kleinerer Maßstab gewählt. Der Untersuchungsraum beträgt 4 km², in welchem sich 328 bewohnte Gebäude (siehe 4.1.4) mit 1.409 Bewohnern (siehe 4.1.3) befinden. Für eine verbesserte Datenlage für den Bereich der Ostalpen bzw. des Wienerwaldes ist ein größerer Maßstab zu wählen.

Eine höhere Gefährdung hinsichtlich Entstehung, Ausbreitung und Intensität wird sämtliche Betroffene, wie z.B. politische Verantwortungsträger, Einsatzorganisationen, Grundbesitzer, Anwohner, sowie die Forstverwaltung in sämtlichen Phasen einer Krisenbewältigung (Vorsorge, Vermeidung, Bewältigung und der Wiederherstellung) vor neuartige und umfangreiche Herausforderungen stellen.

Beispielsweise im Zuge der Wiederherstellung und Neuaufforstung von abgebrannten Bereichen ist die Forstwissenschaft gefordert, hier neue Ansätze für eine resilientere, eventuell in unserem Raum nicht weit verbreitete Bepflanzung (wie z.B. Bereiche mit Mittelmeer-Zypressen) anzuwenden.

Der Bereich des WUI kann als brandgefährdeter Bereich, ähnlich wie bei Gebäuden mit einer großen Menschenansammlung (z.B. Pflegeheime, Hotels, Kuranstalten, etc.), oder Industriegebäude bezeichnet werden, die höhere Anforderungen an den baulichen Brandschutz, sowie die Brandfrüherkennung erfüllen müssen. In den Regelwerken des vorbeugenden Brandschutzes ist künftig anzudenken, Gebäude im Bereich des WUI ebenfalls resilienter gegen die Einwirkung von Brandereignissen, aber auch hinsichtlich der Ausbreitung Richtung Waldgebiet zu gestalten.

Um eine Risikoanalyse mit anschließender Risikobewertung durchführen zu können, sind für die verwendeten Modelle der Gefährdungsabschätzung (bzw. für das Waldbrandrisiko) über einen längeren Zeitraum weitere Daten zu erfassen und anhand stattgefundener Waldbrandereignisse im Anlassfall nachzubessern. Dies stellt hohe Anforderungen an eine dementsprechende Dokumentation, vorallem an die Einsatzkräfte der Feuerwehr, die aktuell - aber auch zukünftig mit der Wissenschaft zusammenarbeiten müssen, um wirtschaftlich sinnvolle, angepasste und vorallem wirksame Mittel bei der Bewältigung einsetzen zu können.

Ebenso ist die Bewusstseinsbildung für den hier betrachteten, sensiblen Bereich des Waldes - das Wildland- Urban Interface - bei sämtlichen Beteiligten im Rahmen der Risiko- Governance zu verbessern. Hier werden vor allem an die Gemeindevertretung, als kommunale Schnittstelle hohe Anforderungen gestellt werden. Ähnlich der Umsetzung bei Hochwassereignissen, ist die Bereitschaft der Bevölkerung zur Eigenvorsorge durch Aufklärung und Vorbereitung zu unterstützen. Mögliche wirksame Maßnahmen, insbesondere für den österreichischen Raum, können in anschließenden, wissenschaftlichen Arbeiten untersucht werden.

Als „Best-Practice“ Beispiel kann hier Kanada genannt werden, wo in einer umfassenden Publikation, einer *nationalen Richtlinie* ein umfassendes Waldbrandmanagement im WUI abgehandelt wird (siehe Bénichou et al. 2021).

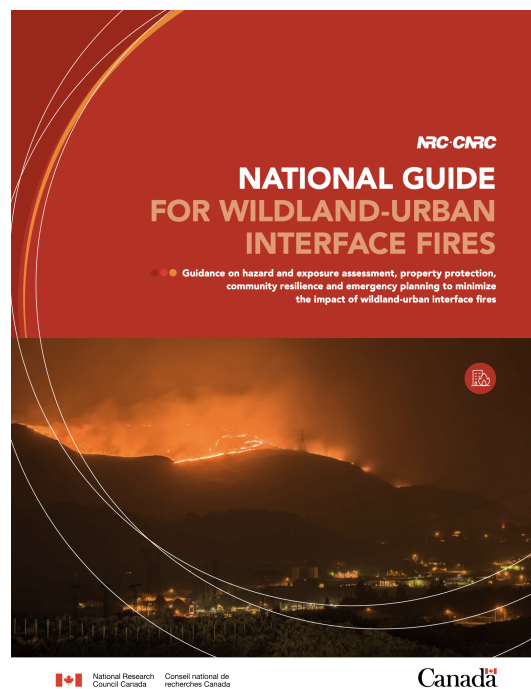


Abbildung 9.1: nationale Richtlinie für WUI- Feuerereignisse (Quelle: Bénichou et al. 2021: Titelseite)

Literatur

- ADAMS M. UND ATTIWILL P. (2011): Burning Issues: Sustainability and Management of Australias Southern Forests. – Sydney und Melbourne.
- AMUNDSON F., HORNER D., MITCHELL A., MURPHY J., SEYMOUR S., SUMMERS C. UND WHEATLEY J. (2019): Strategic Bushfire Management Plan 2019-2024. – Canberra City.
- BAKER G., WEBB A. UND WHITING P. (2019): Regulatory Controls for Buildings in Wildfire-Prone Areas of Australia. – In: Fire Technology 56, S. 1903-1935; auch online unter: <https://doi.org/10.1007/s10694-020-00999-7> (25.08.2022).
- BÉNICHOU N., ADELZADEH M., SINGH J., GOMAA I., ELSAGAN N., KINATEDER M., MA C., GAUR A., BWALYA A. UND SULTAN M. (2021): National guide for wildland-urban-interface fires: guidance on hazard and exposure assessment, property protection, community resilience and emergency planning to minimize the impact of wildland-urban interface fires; auch online unter: <https://doi.org/10.4224/40002647> (25.08.2022).
- BRADLEY G. A. (1984): Land use and forest resources in a changing enviroment: The urban/forest interface. – In: University of Washington Press, S. 238ff.
- CANADIAN COUNCIL OF FOREST MINISTERS, WILDLAND FIRE MANAGEMENT WORKING GROUP (2016): Canadian Wildland Fire Strategy - A 10-year Review and Renewed Call to Action; auch online unter: <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications> (25.08.2022)
- CARLSON A. R., HELMERS D. P., HAWBAKER T. J., MOCKRIN M. H. UND RADELOFF V. C. (2022): The wildland-urban interface in the United States based on 125 million building locations. – In: Ecological Applications (Geosciences and Environmental Change Science Center) 32; DOI: 10.1002/eap.2597
- DAVIS J. B. (1990): The wildland-urban interface: paradise or battleground? – In: Journal of Forestry - Society of American Foresters 88, S. 26-31.
- DE GROOT W. J. (1987): Interpreting the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI). Northern Forestry Centre; S. 3-14; auch online unter: <https://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=23688> (25.08.2022)
- EUROPEAN COMMISSION (2017): European Forest Fire Information System (EFFIS) - European Fuel Map, based on JRC Contract Number 384347 on the "Development of a European Fuel Map".
- GREENBERG J. D. UND BRADLEY G. A. (1997): Analyzing the urban-wildland interface with GIS: two case studies. – In: Journal of Forestry - Society of American Foresters 95 (10), S. 18-22.
- LAMPIN-MAILLET C., JAPPIOT M., LONG M., BOUILLON C., MORGE D. UND FERRIER J. P. (2009): Mapping wildland-urban interfaces at large scales integrating housing density and vegetation aggregation for fire prevention in the South of France. – In: Journal of Environmental Management 91, S. 732-741.
- MALOWERSCHNIG B. (2011): Waldbrände in der Steiermark : Eine Untersuchung zur zeitlichen und räumlichen Verbreitung von Waldbränden sowie der Vegetationssukzession und Degradationserscheinungen am Brandhang Innerzwain. – Universität Graz, Graz.
- MATULLA C., SCHMIDT R. UND PSENNER R. (2009): Klimawandel in Österreich : die letzten 20.000 Jahre-- und ein Blick voraus. – Innsbruck.

- MÜLLER M. M., VILÁ-VILARDELL L. UND VACIK H. (2020): Waldbrände in den Alpen - Stand des Wissens, zukünftige Herausforderungen und Optionen für integriertes Waldbrandmanagement und Optionen für ein integriertes Waldbrandmanagement. – In: (EUSALP Action Group 8, vertreten durch Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV), Abteilung III/4, Bundesministerium für Landwirtschaft, Regionen und Tourismus (BMLRT)) - Vollständig überarbeitete deutsche Fassung des Originals: *Forest fires in the Alps – State of knowledge, future challenges and options for an integrated fire management*. EUSALP Action Group 8. - Wien.
- PLEVEL S. R. (1997): Fire Policy at the Wildland-Urban Interface: A Local Responsibility. – In: *Journal of Forestry - Society of American Foresters* 95 (10), S. 12-17.
- RADELOFF V. C., HAMMER R., STEWART S. I., FRIED J. S., HOLCOMB S. S. UND J.F. M. (2005): The wildland-urban interface in the United States. – In: *Ecological Applications* 15 (3), S. 709-805.
- RUDOLF-MIKLAU F. (2021): Einführung in die Risikoprävention und das Katastrophenmanagement. – Wien.
- RUDOLF-MIKLAU F. (2018): Umgang mit Naturkatastrophen Ratgeber für Bürgermeister und Helfer. – Wien.
- SCHNEIDER H., BRIX A. UND HAUER F. (1984): Waldbrand Piesting. – In: *Brand Aus - Die Zeitschrift der niederösterreichischen Feuerwehren* (2), S. 38-45.
- STEIN S. M., COMAS S. J., MENAKIS J. P., CARR M. A., STEWART S. I., CLEVELAND H., BRAMWELL L. UND RADELOFF V. C. (2013): Wildfire, Wildlands, and People: Understanding and preparing for Wildfire in the Wildland-Urban Interface. United States Department of Agriculture - Forest Service. – o.O.
- STEWART S. I., RADELOFF V. C., HAMMER R. UND TODD H. (2007): Defining the Wildland-Urban Interface. – In: *Journal of Forestry - Society of American Foresters*.
- US CENSUS BUREAU (2017): The 2010 Wildland-Urban Interface of the Conterminous United States. – o.O.
- (USDI) US DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND (USDI) US DEPARTMENT OF THE INTERIOR (2001): Urban wildland interface communities within vicinity of federal lands that are at high risk from wildfire. – In: *Federal Register Volume 66* (3), S. 751-777.
- VACIK H., MÜLLER M. M., DEGENHART J., UND SASS O. (2020): AUSWIRKUNGEN VON WALDBRÄNDEN AUF DIE SCHUTZFUNKTION ALPINER WÄLDER. IN. GLADE T., MERGILI M. UND SATTLER K. (Hrsg.): *ExtremA 2019. Aktueller Wissensstand zu Extremereignissen alpiner Naturgefahren in Österreich*. – Vienna University Press, S. 173-199.
- VAUX H. J. (1982): Forestry's hotseat: The urban/ forest interface. – In: *American Forests* 88 (5), S. 37, 44-46.

Vollbelege – Online:

BOKU WIEN INSTITUT FÜR WALDBAU (2020): Waldbrand-Risikokarte. In: 201126_RISKMAPAT_FINAL.JPEG (Hrsg.) – online: 23.12.2020; auch online unter: https://www.naturgefahren.at/projekte/waldbrand_risikokarte.html (01.08.2022).

MOHR M. (2022): Durchschnittliche Anzahl der Personen je Haushalt in Österreich von 2011 bis 2021. In: Statista: – online: 18.03.2022; auch online unter: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/75465/umfrage/oesterreich-durchschnittliche-anzahl-der-personen-je-haushalt/> (01.08.2022).

MÜLLER M. M. (2015): Definition von Waldbränden. In: Waldbrand-Blog Österreich – online: 14.05.2015; auch online unter: <https://fireblog.boku.ac.at/2015/05/14/407/> (01.08.2022).

MÜLLER M. M. (2018): Waldbrandgefährdungsklassen. In: Waldbrand-Blog Österreich – online: 25.03.2018; auch online unter: <https://fireblog.boku.ac.at/2018/03/25/waldbrand-gefaehrungsstufen/> (01.08.2022).

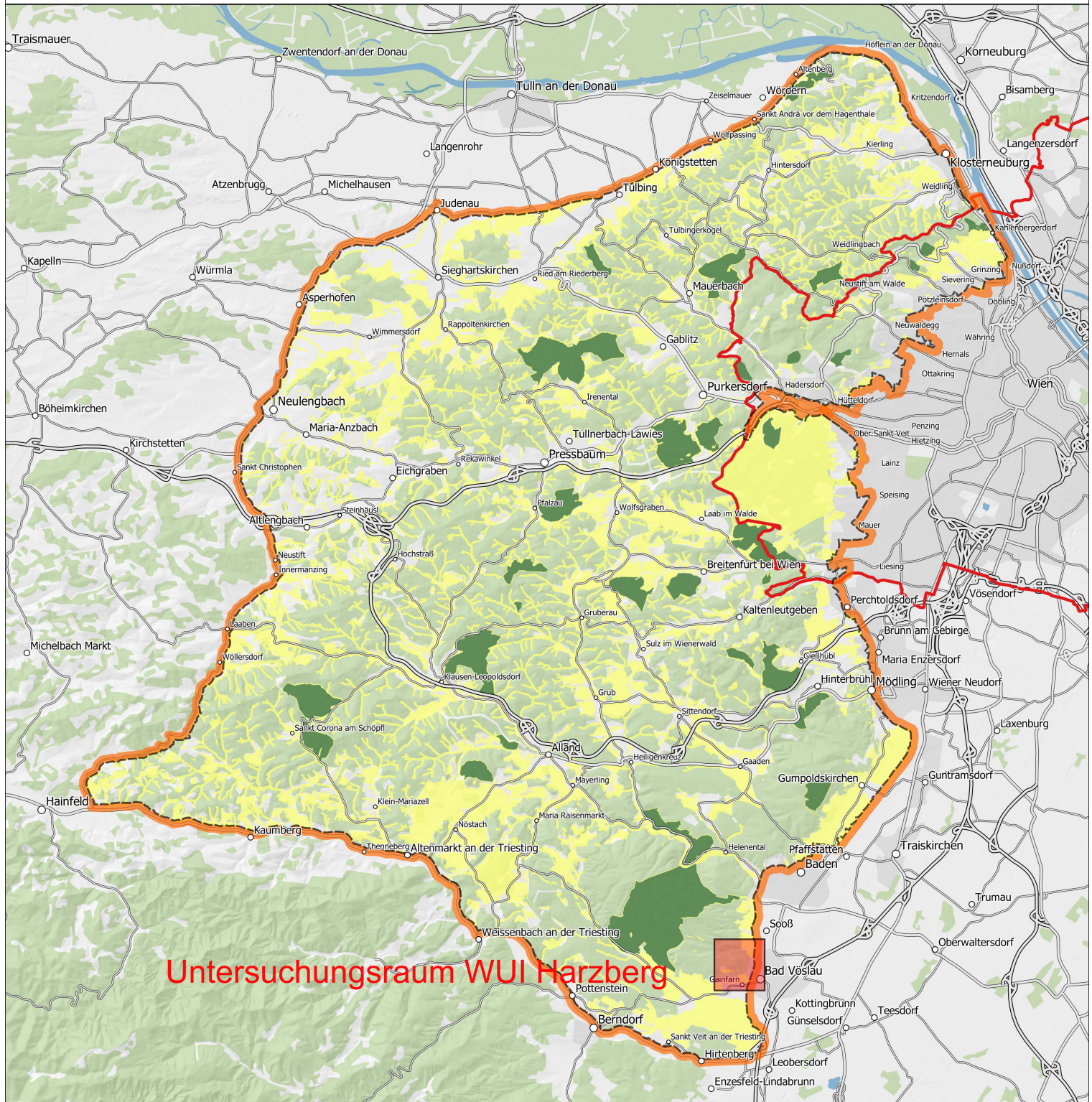
VACIK H. UND MÜLLER M. M. (2022): Waldbrand.at. In: Universität für Bodenkultur, Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften: – online: 09.08.2022; auch online unter: <https://www.waldbrand.at/2022/08/09> (09.08.2022).

Rechtsnormen:

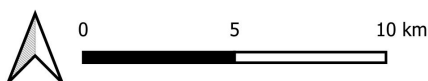
FORSTGESETZ (1975): Bundesgesetz vom 3. Juli 1975, mit dem das Forstwesen geregelt wird. – BGBl. Nr. 440/1975 idF BGBl. I 56/2016

A Planmaterial

BIOSPHERENPARK WIENERWALD



Untersuchungsraum WUI Harzberg



- Biosphärenpark Grenze
- Kernzone
- Pflegezone
- Wald

Datengrundlage Basiskarte © BEV 2018

Es wird keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der angebotenen Informationen übernommen.
© BPWW 2021



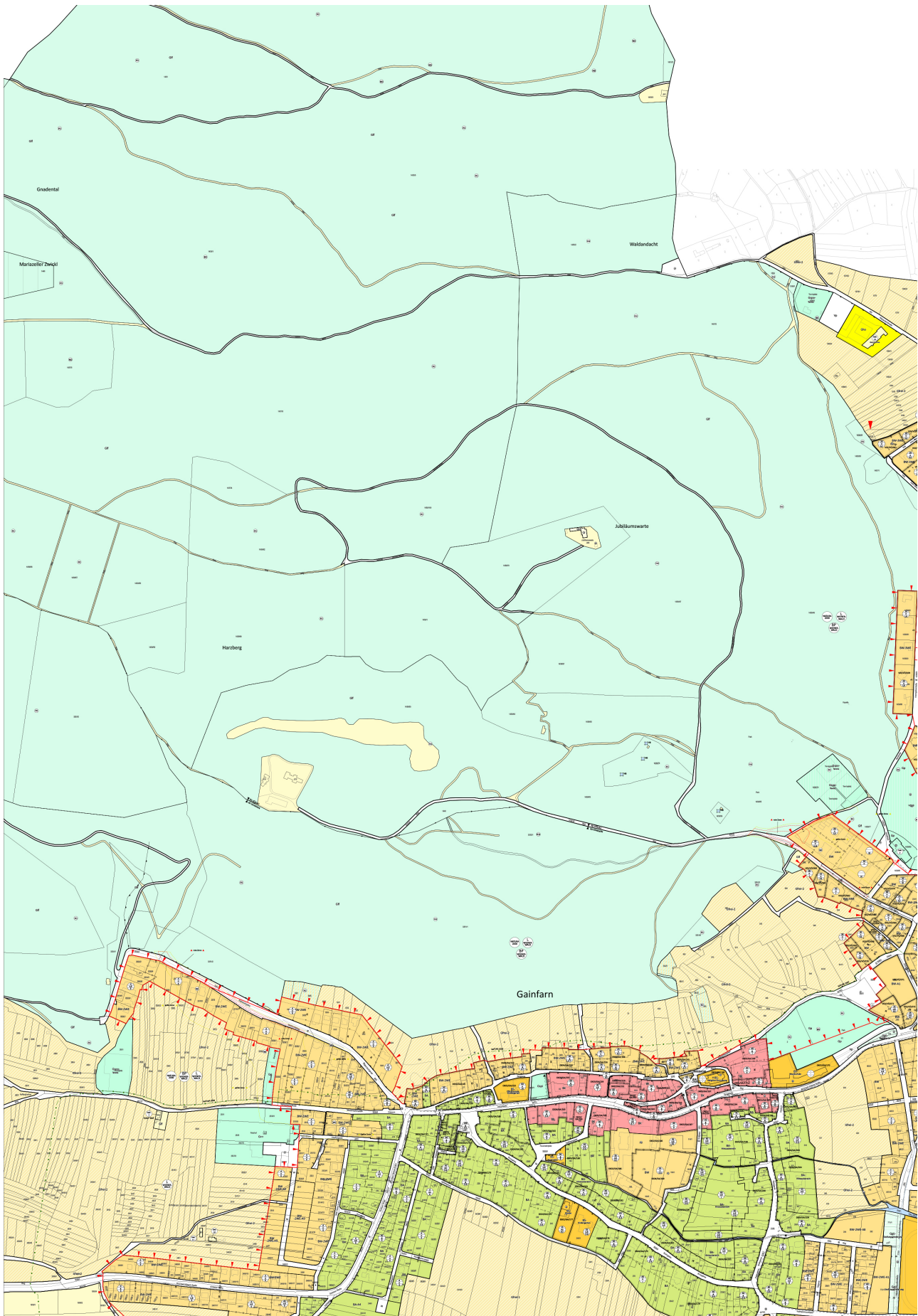
Eine Initiative der Länder
Niederösterreich und Wien

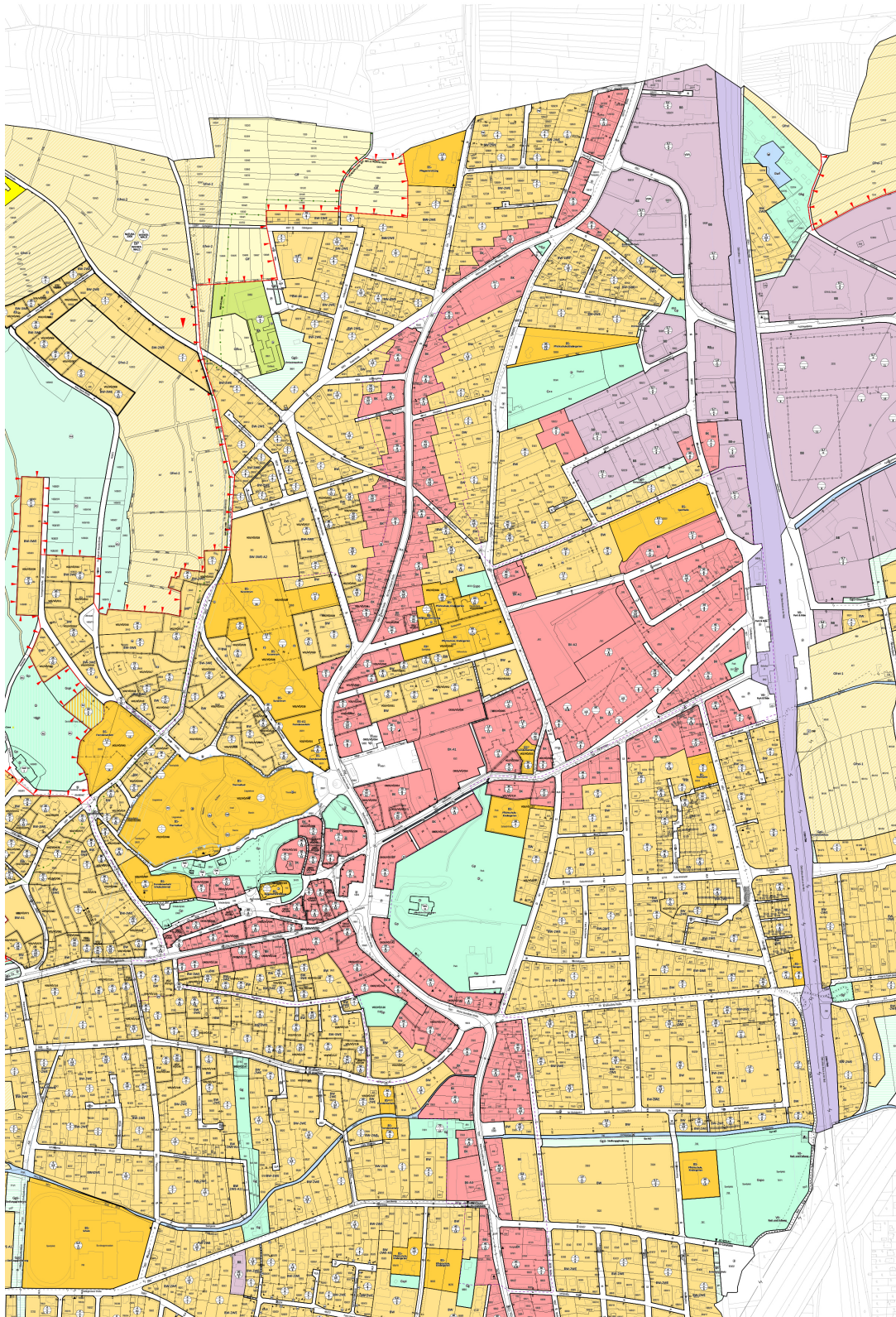


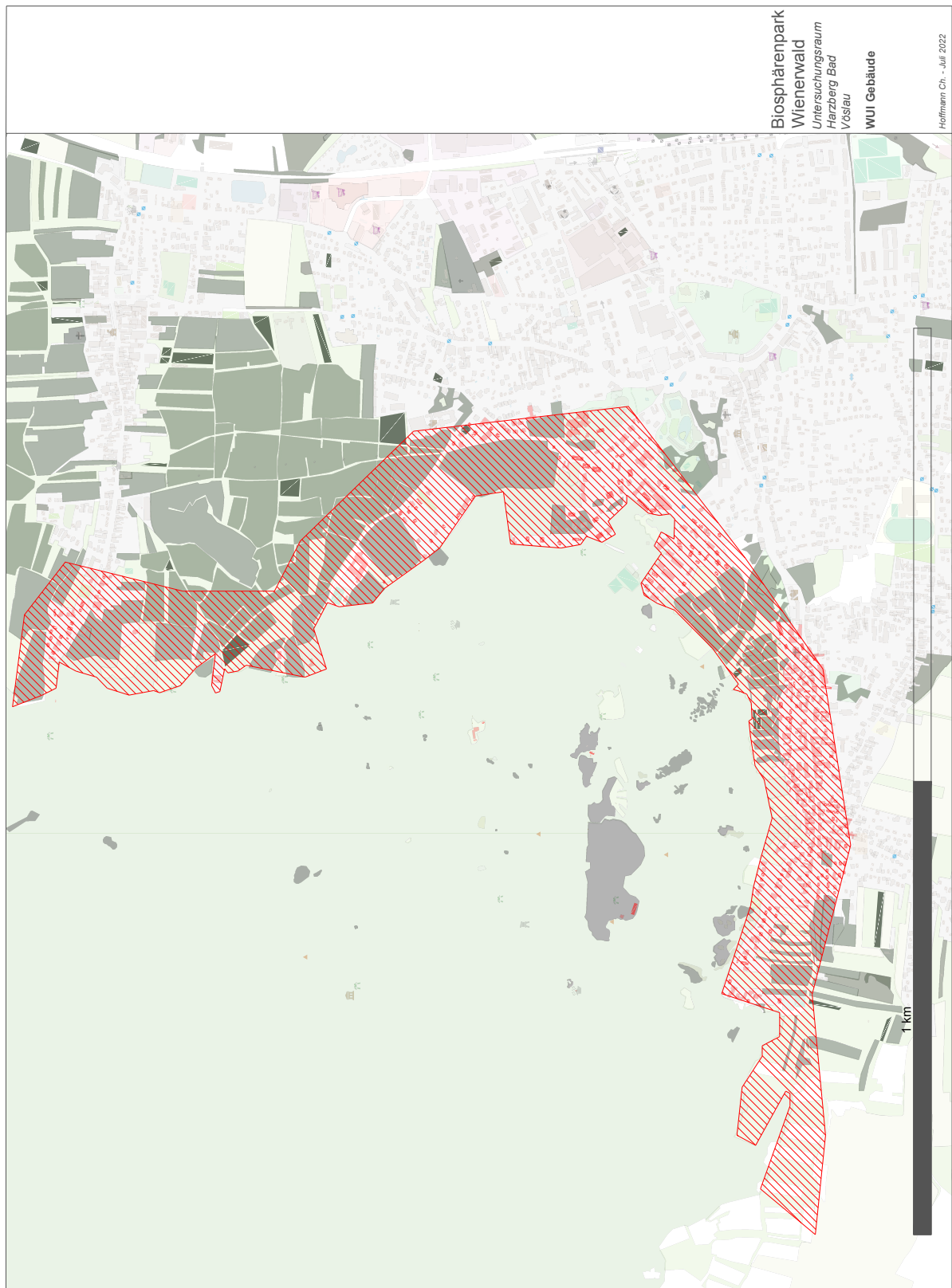
United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

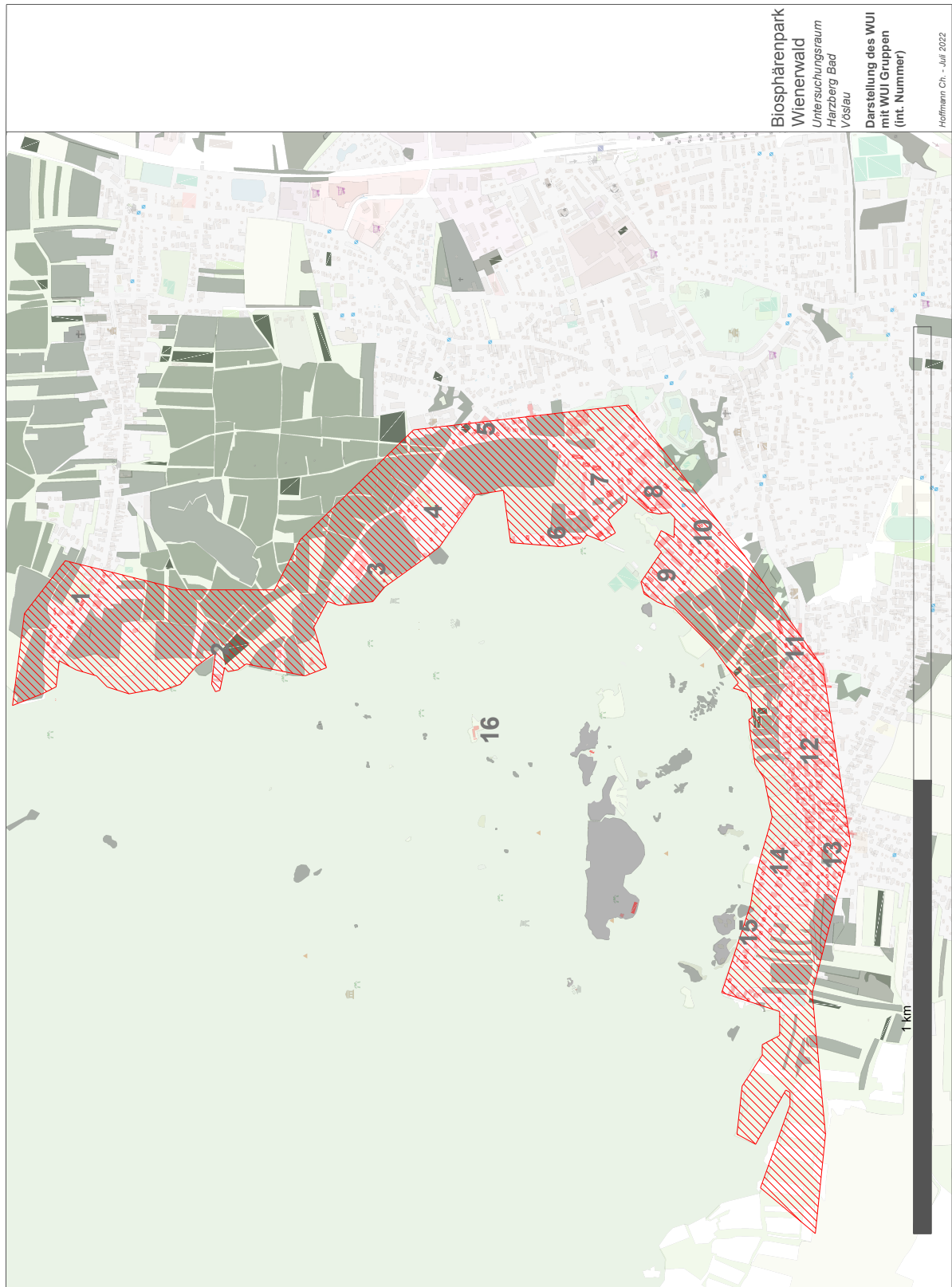


Wienerwald
Biosphere Reserve since 2005
Man and the Biosphere Programme









B Daten

interne Nummer	Gefahreninventar-Nr.	Objektanzahl	WUI Typ	Pax (Abschätzung)	Anmerkung	Zuordnung Risikomatrix
1	G1	25	7	56	Hauptstraße Sooss	R9
2	G2	4	3	9	Weingut	R6
3	G3	1	1	50	Gastrobetrieb (inkl. Mitarbeiter)	R2
4	G4	18	8	44	Gründerzeit Villen	R7/R12
5	G5	18	7	48	Wohnsiedlung	R6
6	G6	10	6	21	Gründerzeit Villen	R11
7	G7	32	8	300	Wohnsiedlung und Villen	R3
8	G8	4	9	200	Altersheim	R8/R14
9	G9	9	12	250	Wohnanlage Waldwiese	R8/R14
10	G10	22	5	46	Wohnsiedlung, Hauptverkehrsweg	R2
11	G11	8	7	17	Wohnsiedlung, Hauptverkehrsweg	R2
12	G12	86	10	172	Wohnsiedlung, Hauptverkehrsweg	R2
13	G13	25	4	58	Wohnsiedlung, Hauptverkehrsweg	R1
14	G14	37	5	73	Wohnsiedlungen EFH	R12
15	G15	25	6	61	Wohnsiedlungen EFH	R15/R19
16	G16	4	2	4	Einzelobjekte	R11
GESAMT		328		1409		

C Grafiken und Skizzen



D Bilddokumentation



Abbildung D.1: Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 6



Abbildung D.2: Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 8



Abbildung D.3: Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 9



Abbildung D.4: Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 9 und Nr. 10



Abbildung D.5: Drohnenaufnahme vom 18.05.2022, interne Nr. 11



Abbildung D.6: Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 11 und Nr. 12



Abbildung D.7: Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 12



Abbildung D.8: Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 14 und Nr. 15



Abbildung D.9: Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 15- Teil 1



Abbildung D.10: Drohnenaufnahme vom 30.07.2022, interne Nr. 15- Teil 2

E Skizzen



Abbildung E.1: Skizze Hoffmann, WUI Typ 1



Abbildung E.2: Skizze Hoffmann, WUI Typ 2



Abbildung E.3: Skizze Hoffmann, WUI Typ 3



Abbildung E.4: Skizze Hoffmann, WUI Typ 4



Abbildung E.5: Skizze Hoffmann, WUI Typ 5

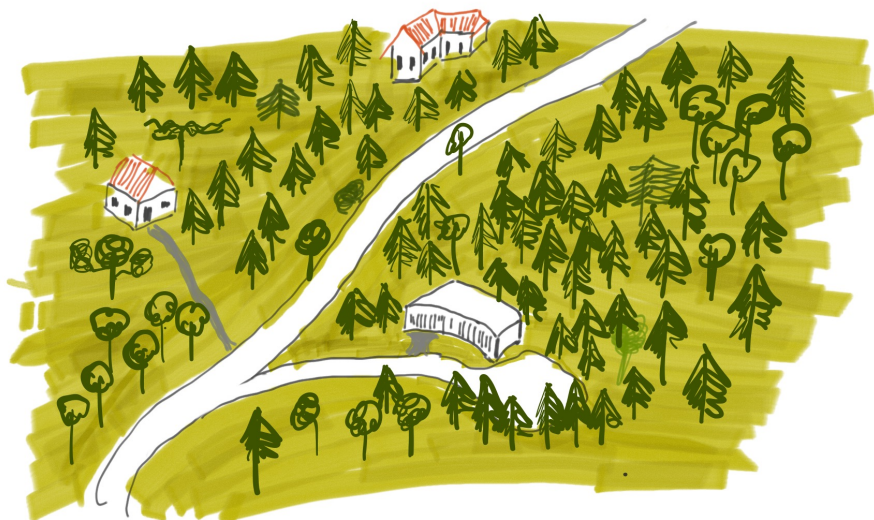


Abbildung E.6: Skizze Hoffmann, WUI Typ 6

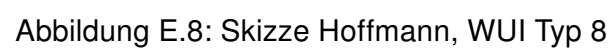
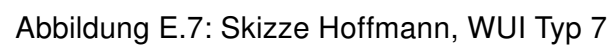




Abbildung E.9: Skizze Hoffmann, WUI Typ 9



Abbildung E.10: Skizze Hoffmann, WUI Typ 10



Abbildung E.11: Skizze Hoffmann, WUI Typ 11



Abbildung E.12: Skizze Hoffmann, WUI Typ 12