

MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Erstellung eines GIS-Tools zur Darstellung des Waldbrandrisikos
für den Bezirk Neunkirchen

verfasst von | submitted by

Stefan Grundtner BSc BEd

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Master of Science (MSc)

Wien | Vienna, 2026

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree
programme code as it appears on the
student record sheet:

UA 066 856

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree
programme as it appears on the student
record sheet:

Masterstudium Kartographie und Geoinformation

Betreut von | Supervisor:

Ass.-Prof. Mag. Dr. Andreas Riedl

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	6
Abstract	7
Abkürzungen.....	8
1 Einleitung	9
1.1 Motivation und Zielsetzung	9
1.2 Problemstellung und Relevanz der Arbeit	10
1.3 Forschungsfrage und Fragestellungen	11
1.4 Methodischer Ansatz und Vorgehensweise	12
2 Waldbrand und Waldbrandgefahrenabschätzung.....	13
3 GIS-Einsatz bei Waldbränden	15
3.1 International	15
3.1.1 GIS-Einsatz bei Waldbränden international	15
3.1.2 EFFIS – European Forest Fire Information System	18
3.2 Österreich.....	22
3.2.1 Österreich: GIS-Einsatz bei Waldbränden	22
3.2.2 Waldbrand-Auswirkungen und AkteurInnen zum Waldbrandschutz	28
3.2.3 Maßnahmen zur Waldbrandprävention in Österreich.....	29
3.2.4 Zahlen zu Waldbränden in Österreich.....	30
4 Waldbrandindizes	33
4.1 FWI – Fire Weather Index	33
4.1.1 Zusammensetzung des FWI.....	34
4.1.2 Gefahrenklassen des FWI	35
4.1.3 Datenquellen des FWI	36
4.2 ZAMG-Waldbrandindex	37
4.2.1 Zusammensetzung.....	37
4.2.2 Gefährdungstufen.....	38
4.3 ZAMG-Dürreindex	39

4.4	Gegenüberstellung FWI – ZAMG WBI – ZAMG Dürreindex.....	41
5	Waldfachplan	43
5.1	Auslöser: Waldbrand in Hirschwang 2021.....	43
5.2	Allgemeines zum Waldfachplan.....	46
5.3	Projektgebiet des Waldfachplans	48
5.4	Auftraggeber und Mitwirkende	52
5.5	Karteninhalte (auszugsweise)	52
5.6	Ablauf des Projekts	53
5.7	Auszug aus dem Kriterienkatalog	56
6	Praktische Umsetzung des Tools	57
6.1	Verwendete Parameter für das Tool	58
6.2	Konzept für das Tool	59
6.3	Tool Teil 1: Eigener Meteorologischer Waldbrandindex (GRU-WBI)	62
6.3.1	Aktuelle Geosphere-API	63
6.3.2	Windstärke	66
6.3.3	Luftfeuchtigkeit	67
6.3.4	Niederschlag.....	68
6.3.5	Temperatur.....	69
6.3.6	GRU-WBI.....	70
6.3.7	Implementierung in Python-Skript und WebMap.....	72
6.4	Tool Teil 2: Vorbereitung – Zugänglichkeit des Gebiets	74
6.4.1	Datenbeschaffung des Projekts Waldfachplan	74
6.4.2	Datenquellen	75
6.4.3	Arbeitsschritte und Untersuchungsgebiet	76
6.4.4	Layer Landnutzung	77
6.4.5	Wegenetz.....	80
6.4.6	Wasserentnahmestellen.....	83
6.4.7	Hangneigung.....	84
6.5	Tool Teil 2: Gesamtes Analysemodell	85
6.5.1	Nr. 1: Wege.....	87
6.5.2	Nr. 2: Gewässer	91
6.5.3	Nr. 3: Landnutzung	96

6.5.4	Nr. 4: Hangneigung / Slope	99
6.5.5	Nr. 5a: Kosten-Raster	101
6.5.6	Nr. 5b: Aufbereitung Kosten-Raster für ArcGIS Online	103
6.6	Zusammenführung der beiden Teile	104
7	Ergebnisse	108
7.1	Tool Teil 1: Meteorologische Waldbrandgefahr (GRU-WBI)	108
7.2	Tool Teil 2: Zugänglichkeitslayer	109
7.3	Zusammenführung der beiden Teile	111
7.4	Limitationen und Verbesserungsmöglichkeiten	112
8	Fazit und Ausblick	114
	Literaturverzeichnis.....	116
	Hilfsmittelverzeichnis – Einsatz von KI-Tools	122
	Anhang	123
a.	Einverständniserklärungen	123
	Stadt Ternitz.....	123
	WNSKS	125
b.	Html-Code	128
c.	Python-Skript	132

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Waldbrandgefahrenabschätzung für Österreich 04.09.2024 (FIREBLOG 2024b)	14
Abbildung 2: Current Situation Viewer EFFIS Waldbrand Hirschwang (EFFIS 2025, eigene Darstellung)	20
Abbildung 3: EFFIS Wildfire Risk Viewer (EFFIS 2025, eigene Darstellung)	21
Abbildung 4: Waldbrandrisiko in Österreich (BML 2024)	23
Abbildung 5: Fakten zu Waldbränden (BML 2022: 7)	25
Abbildung 6: Verbrannte Flächen in ha und durchschnittliche Feuergröße in ha seit 1993 (VACIK et al. 2024: 10)	32
Abbildung 7: FWI für Niederösterreich (CLIMATE ADAPT 2025a)	34
Abbildung 8: Komponenten des FWI (vgl. NATURAL RESOURCES CANADA 2025)	35
Abbildung 9: FWI in Schwarza im Gebirge, 07.-18.03.2025 (EFFIS 2025, eigene Darstellung)	36
Abbildung 10: Waldbrandindex von Niederösterreich am 02.03.2025 (vgl. ZAMG WBI 2024)	39
Abbildung 11: Index der klimatischen Wasserbilanz Februar 2025 (ZAMG DÜRREINDEX 2024)	40
Abbildung 12: Waldbrand Hirschwang Firenews-Viewer EFFIS (GRUNDTNER 2022, eigene Darstellung)	45
Abbildung 13: Projektgebiet des Waldfachplans (MAYERHOFER 2022)	48
Abbildung 14: Blattschnitte des Waldfachplans (Waldfachplan, eigene Darstellung)	49
Abbildung 15: Waldfachplan im Maßstab 1:10.000 (Waldfachplan, eigene Darstellung)	50
Abbildung 16: Legende des fertigen Waldfachplans (Waldfachplan, eigene Darstellung)	51
Abbildung 17: Hauptursachen für Waldbrände (YANG ET AL. 2021: 5)	58
Abbildung 18: Gesamtes Ablaufmodell des Tools (eigene Darstellung)	60
Abbildung 19: GRU-WBI html-Applikation am 18.01.2026 (eigene Darstellung)	71
Abbildung 20: Python-generierter CSV-Tabellenausschnitt des GRU-WBI am 26.01.2026 (eigene Darstellung)	72
Abbildung 21: GRU-WBI in der ArcGIS Online-WebMap am 05.07.2025 (eigene Darstellung)	73
Abbildung 22: Save Layer Style (eigene Darstellung)	76
Abbildung 23: Landuse-Klassen Select by expression (eigene Darstellung)	78
Abbildung 24: Klasse „nicht klassifiziert“ des Wegenetz-Layers aus dem Waldfachplan (eigene Darstellung)	81
Abbildung 25: Klasse "()" aus dem Wegenetz des WFP (eigene Darstellung)	81

Abbildung 26: Klasse "" des Wegenetzes (eigene Darstellung)	82
Abbildung 27: Klasse „<Null>“ aus dem Wegenetz (eigene Darstellung)	82
Abbildung 28: Gesamtes Analysemodell des Zugänglichkeitslayers (eigene Darstellung)	85
Abbildung 29: Modell der Wege 1a, 1b, 1c (eigene Darstellung)	87
Abbildung 30: Modell der Wege 1d, 1e (eigene Darstellung)	87
Abbildung 31: Wege_Union_ALLE Attributtabelle (eigene Darstellung)	90
Abbildung 32: Erreichbarkeit anhand Wegeverfügbarkeit (eigene Darstellung)	91
Abbildung 33: Modell der Gewässer 2a, 2b, 2c links (eigene Darstellung)	91
Abbildung 34: Modell der Gewässer 2a, 2b, 2c rechts (eigene Darstellung)	92
Abbildung 35: Modell der Gewässer 2d, 2e (eigene Darstellung)	92
Abbildung 36: Erreichbarkeit anhand der Gewässerverfügbarkeit (eigene Darstellung)	96
Abbildung 37: Modell der Landnutzung (eigene Darstellung)	96
Abbildung 38: Erreichbarkeit anhand der Landnutzung (eigene Darstellung)	98
Abbildung 39: Modell der Hangneigung (eigene Darstellung)	99
Abbildung 40: Erreichbarkeit anhand der gewichteten Hangneigung (eigene Darstellung)	100
Abbildung 41: Modell des Kostenrasters (eigene Darstellung)	101
Abbildung 42: Finaler Cost-Raster (eigene Darstellung)	102
Abbildung 43: Modell Kosten-Raster 5b (eigene Darstellung)	103
Abbildung 44: Finaler Zugänglichkeitslayer (eigene Darstellung)	104
Abbildung 45: Finale WebMap (eigene Darstellung, Juli 2025)	105
Abbildung 46: Dashboard zur Abschätzung des Waldbrandrisikos Bez. Neunkirchen, Stand 26.01.2026 (eigene Darstellung)	106
Abbildung 47: Pop-Ups im Dashboard (eigene Darstellung)	107
Abbildung 48: GRU-WBI html-Applikation am 18.01.2026 (eigene Darstellung)	108
Abbildung 49: GRU-WBI im Dashboard am 26.01.2026 (eigene Darstellung)	109
Abbildung 50: Waldbrand Hirschwang 2021 – Vergleich von EFFIS mit erstelltem Tool (eigene Darstellung)	110
Abbildung 51: Waldbrand Schwarza/Geb. 2025 – Vergleich von EFFIS mit erstelltem Tool (eigene Darstellung)	110

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die 6 Gefahrenklassen des FWI (vgl. CLIMATE ADAPT 2025b)	35
Tabelle 2: Gefährdungsstufen WBI (eigene Darstellung, vgl. ZAMG WBI 2024)	38
Tabelle 3: Gegenüberstellung FWI, IWB und WBI (eigene Darstellung).....	42
Tabelle 4: Ablauf des Projekts Waldfachplan Teil 1 (MAYERHOFER 2022, MAYERHOFER 2025)	54
Tabelle 5: Ablauf des Projekts Waldfachplan Teil 2 (MAYERHOFER 2022, MAYERHOFER 2025)	55
Tabelle 6: Gegenüberstellung möglicher API-Quellen (eigene Darstellung)	64
Tabelle 7: Windstärke nach der Beaufort-Skala (vgl. GANZ-WIEN 2025a, vgl. WETTERKONTOR 2025) ..	66
Tabelle 8: Windgeschwindigkeitsklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung)	67
Tabelle 9: Luftfeuchtigkeitsklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung).....	68
Tabelle 10: Klassifizierung Niederschlagsintensität (vgl. DEUTSCHER WETTERDIENST 2025)	68
Tabelle 11: Niederschlagsmengenklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung).....	69
Tabelle 12: Temperaturklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung)	70
Tabelle 13: Klassifizierung der Waldbrandgefahr nach dem GRU-WBI (eigene Darstellung)	70
Tabelle 14: Landuse-Klassen Select by expression (eigene Darstellung).....	78
Tabelle 15: Landuse Klassenzusammenfassung (eigene Darstellung).....	79
Tabelle 16: Wegenetz – Beschreibung und Gewichtung der Erreichbarkeitsklassen (eigene Darstellung).....	89
Tabelle 17: Gewässernetz – Beschreibung und Gewichtung der Erreichbarkeitsklassen (eigene Darstellung).....	94
Tabelle 18: Landnutzung – Gewichtung der Klassen (eigene Darstellung)	97
Tabelle 19: Hangneigung - Gewichtung nach Neigungsgrad (eigene Darstellung)	99
Tabelle 20: Zugänglichkeits-Layer Klassifizierung der Werte (eigene Darstellung).....	102
Tabelle 21: Legende zur Abschätzung des Waldbrandrisikos gesamt im Dashboard (eigene Darstellung).....	107
Tabelle 22: Hilfsmittelverzeichnis – Einsatz von KI-Tools	122

Abstract

Eine Waldbrandrisikokarte der BOKU Wien zeigt, dass im südlichen Niederösterreich die Waldbrandgefahr besonders hoch ist. Der Schwerpunkt dieser Arbeit ist daher die Entwicklung einer WebGIS-App, die das Waldbrandrisiko im Bezirk Neunkirchen anhand zwei zentraler Komponenten darstellt. Diese zwei Komponenten sind die **aktuelle Wetterlage** und die **Geländezugänglichkeit** in Hinblick auf die Brandbekämpfung. Dabei fließen Echtzeitwetterdaten und in der Analyse der Geländezugänglichkeit die Daten des Waldfachplans (eine einheitliche Einsatzkarte für Feuerwehren im südöstlichen Niederösterreich zur Waldbrandbekämpfung) ein. Die Wetterparameter Windstärke, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Temperatur werden über ein Python-Skript in eine CSV-Datei geschrieben, daraus ein eigener Waldbrandindex, der GRU-WBI, berechnet und in ArcGIS Online hochgeladen. Bei der Geländezugänglichkeit fließen einsatzrelevante Faktoren wie verfügbare Wasserentnahmestellen, das Wegenetz, die Vegetationsart oder die Hangneigung ein. Beide Komponenten werden schließlich in einem Dashboard vereint. **Methodisch** wurden die theoretischen Grundlagen über eine Literaturrecherche ermittelt und die App hauptsächlich in ArcGIS Pro sowie die finale App als Dashboard in ArcGIS Online erstellt.

A forest fire risk map from BOKU Vienna shows that the risk of forest fires is particularly high in southern Lower Austria. The focus of this thesis is therefore the development of a WebGIS app that visualizes the forest fire risk in the district of Neunkirchen based on two key components. These two components are the **current weather conditions** and **terrain accessibility** in terms of firefighting. Real-time weather data is incorporated, and the analysis of terrain accessibility utilizes data from the Waldfachplan (a standardized operational map for fire brigades for wildfire suppression in southeastern Lower Austria). The weather parameters wind speed, humidity, precipitation and temperature are written to a CSV file via a Python script, from which a proprietary wildfire index, the GRU-WBI, is calculated and uploaded to ArcGIS Online. For terrain accessibility, factors relevant to operations—such as available water sources, the road network, vegetation type, and slope gradient—are considered. Both components are combined in a dashboard. **Methodologically**, the theoretical foundations were established through a literature review, and the app was primarily developed in ArcGIS Pro, with the final app implemented as a dashboard in ArcGIS Online.

Abkürzungen

AGP	ArcGIS Pro
API	Application Programming Interface (Programmierschnittstelle)
EFFIS	European Forest Fire Information System
FF	Freiwillige Feuerwehr
FTB	Forsttechnisches Büro
FWI	Fire Weather Index
GIS	Geographische Informationssysteme
OSM	Open Street Map
ÖBf	Österreichische Bundesforste
TLF	Tanklöschfahrzeug
WBI	Waldbrandindex
WFP	Waldfachplan
WNSKS	Wiener Neustädter Stadtwerke und Kommunal Service GmbH
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird zuerst auf die Motivation und Zielsetzung, dann auf die Problemstellung und Relevanz der Arbeit und danach auf die Forschungsfrage und Fragestellungen eingegangen. Danach werden der Methodische Ansatz und die Vorgehensweise genauer beschrieben.

1.1 Motivation und Zielsetzung

Im südlichen Niederösterreich, genauer gesagt in den Bezirken Neunkirchen und Wiener Neustadt-Land, ist die Waldbrandgefahr besonders hoch, wie eine Waldbrand-Risikokarte der BOKU Wien zeigt (siehe auch Abbildung 4 in Kapitel 3.2.1). Dort werden diese Bezirke mit einem sehr hohen Waldbrandrisiko ausgewiesen (vgl. BML 2024). Aufgrund dieser Problematik ist es von großer Wichtigkeit, dass die Blaulichtorganisationen, vor allem die Feuerwehren, im Falle eines Waldbrandes diesen bekämpfen können. Hier und auch in der Waldbrandvorbeugung spielen Geodaten eine große Rolle.

Ich bin selbst Mitglied einer Freiwilligen Feuerwehr und habe daher eine Affinität zu diesem Bereich. 2021 war einer der größten Waldbrände Österreichs in Hirschwang an der Rax, wo meine Feuerwehr auch im Einsatz stand. Dieser Waldbrand war der Auslöser für die Initiierung des Projekts des **Waldfachplans**, der eine einheitliche Einsatzkarte für Waldbrände im **südöstlichen Niederösterreich** darstellt. Es stellte sich nämlich heraus, dass Feuerwehren oft Probleme haben, sich in einem „fremden“ Einsatzgebiet zurechtzufinden. Genau hier soll der Waldfachplan ansetzen, indem eine einheitliche Karte zur Verfügung gestellt wird. Dort sind beispielsweise die Wasserentnahmestellen, Straßen und Wege oder (projektspezifische) Infrastruktur zu finden. Am Projekt des Waldfachplans durfte ich selbst auch mitarbeiten. Dieses Projekt wird in Kapitel 5 näher beschrieben.

Das **Ziel dieser Arbeit** soll die Entwicklung einer WebGIS-App sein, die das Waldbrandrisiko im Bezirk Neunkirchen anhand zwei zentraler Komponenten darstellt. Diese zwei Komponenten sind die **aktuelle Wetterlage** und die **Geländezugänglichkeit** in Hinblick auf die Brandbekämpfung. Dabei fließen Echtzeitwetterdaten und in der Analyse der Geländezugänglichkeit die Daten des Waldfachplans ein.

1.2 Problemstellung und Relevanz der Arbeit

Katastrophen wie Waldbrände treten stets an konkreten geografischen Standorten auf und erfordern daher ein effektives, raumbezogenes Risikomanagement. Durch den Klimawandel nehmen Häufigkeit und Intensität solcher Ereignisse kontinuierlich zu. Das Katastrophenrisikomanagement hat schon immer eine zentrale Rolle gespielt, gewinnt jedoch angesichts der zunehmenden Zahl von Katastrophen infolge des Klimawandels weiter an Bedeutung. Geodaten wie z.B. topografische Daten, GNSS-Daten, Katasterdaten und Höhendaten sind also unerlässlich, um in Katastrophensituationen schnellere und präzisere Entscheidungen treffen zu können. (vgl. Vucic et al. 2021: 943)

Geodaten spielen also eine wichtige Rolle. Im **südlichen Niederösterreich** ist die Waldbrandgefahr hoch (vgl. BML 2024), jedoch gibt es für dieses Gebiet bisher kein Tool, um die Waldbrandgefahr anhand der aktuellen Wetterlage und der Geländezugänglichkeit optimal abschätzen zu können.

Die zentrale **Problemstellung** dieser Arbeit besteht daher darin, ein GIS-basiertes Tool zu erstellen, das sowohl aktuelle meteorologische Daten als auch feuerwehrspezifische Daten (z. B. die Daten des Waldfachplans) zur Geländezugänglichkeit zusammenführt. Dazu zählen auch einsatzrelevante Faktoren wie verfügbare Wasserentnahmestellen, das Wegenetz, die Vegetationsart oder die Hangneigung, um das Waldbrandrisiko möglichst genau abschätzen zu können.

Dieses Thema hat eine große **Relevanz**, weil Waldbrände aufgrund von Klimaerwärmung, höheren Temperaturen, längeren Trockenperioden und einem früheren Vegetationsbeginn tendenziell immer mehr werden. (vgl. MAYERHOFER 2022) Deswegen ist es wichtig, ein fundiertes Wissen zu dieser Problematik zu haben. Außerdem gibt es noch kein Tool, in das neben aktuellen Wetterdaten auch die Daten des Waldfachplanes einfließen, was im Rahmen dieser Arbeit umgesetzt werden soll.

Für Waldbrandeinsätze der Feuerwehr sind auch Faktoren wie die Hangneigung oder die Zugänglichkeit des Gebiets wichtig, die auch in diese Arbeit und das erstellte Tool einfließen. Dabei werden auch Parameter wie die verfügbaren Wasserentnahmestellen, die Wegesituation oder die Vegetationsart berücksichtigt.

Die Abschätzung der meteorologischen Waldbrandgefahr basiert beim Waldbrandindex der ZAMG aus den meteorologischen Größen: Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit. (vgl. ZAMG WBI 2024) Diese Wetter-Parameter werden auch für den eigenen

erstellten Waldbrandindex, dem GRU-WBI, herangezogen. Auch auf diverse bestehende Risikoindizes wie der FWI (Fire Weather Index) oder der Waldbrandindex der ZAMG wird eingegangen, da in Anlehnung daran der eigene Waldbrandindex erstellt wurde.

1.3 Forschungsfrage und Fragestellungen

Hier werden die Forschungsfrage und die Arbeitsfragen näher beschrieben, die sich durch die Problemstellung und Zielsetzung ergeben.

Forschungsfrage

Wie kann das Risikopotential für Waldbrände anhand von Echtzeitwetterdaten und feuerwehrspezifischen Daten zur Geländezugänglichkeit durch den Einsatz von GIS ermittelt und im Bezirk Neunkirchen dargestellt werden?

Fragestellungen

In dieser Masterarbeit werden vor allem folgende Fragestellungen beantwortet:

- Wie kann GIS genutzt werden, um Daten zur (Gelände-)Zugänglichkeit und zum meteorologischen Brandrisiko zu kombinieren, um Stellen mit einer besonderen Gefährdung zu identifizieren?
- Welche ähnlichen Ansätze gibt es bereits, um das Waldbrandrisiko abschätzen zu können?
- Welche Waldbrandindizes zur Abschätzung der Waldbrandgefahr gibt es bereits?
- Was genau ist das Projekt des Waldfachplans und wie können die darin enthaltenen Daten für das erstellte Tool genutzt werden?

1.4 Methodischer Ansatz und Vorgehensweise

Zuerst erfolgt eine theoretische Aufbereitung mittels **Literaturrecherche**. Dabei wird in Kürze darauf eingegangen, wie GIS bei Waldbränden bereits international und national eingesetzt werden kann und die Situation in Österreich näher beleuchtet. Es werden auch verschiedene Brandindizes gegenübergestellt und beschrieben, was bei der Brandbekämpfung berücksichtigt werden muss (Windstärke, Temperatur, Hangneigung, ...).

Danach ist die **Analyse** des Gebiets und die Erstellung eines Waldbrandrisikolayers geplant. Das Integrieren von Echtzeitwetterdaten anhand eines eigens erstellten Waldbrandindex (GRU-WBI) ist ein Teil davon, ebenso die Verknüpfung mit der Geländezugänglichkeit in Hinblick auf die Brandbekämpfung, wo Daten des Waldfachplans einfließen. Daraus entsteht dann das Tool/die **GIS-App** in Form eines Dashboards, das beide Komponenten miteinander verbindet. Dies wird mit **ArcGIS Pro** und ArcGIS Online umgesetzt.

Es werden auch relevante Informationen von **Experten** wie einem Mitarbeiter der Geosphere oder vom Leiter des Projekts Waldfachplan eingeholt. Zum Schluss werden die Ergebnisse beschrieben, das Dashboard vorgestellt sowie Schwachstellen identifiziert und mögliche Lösungsansätze erarbeitet.

2 Waldbrand und Waldbrandgefahrenabschätzung

In diesem Kapitel wird eine Definition für Waldbrände in Österreich gegeben und ein erster Ansatz zur Waldbrandgefahrenabschätzung beschrieben.

Ein Waldbrand kann in Österreich folgendermaßen definiert werden:

*„Ein Waldbrand ist jedes **unkontrollierte**, sich selbst erhaltende **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).“* (FIREBLOG 2024a)

Es gibt jedoch keine einheitliche Definition für den Begriff „Waldbrand“, da die Bestimmung von bewaldeten Flächen in den EU-Mitgliedsstaaten unterschiedlich gehandhabt wird. (vgl. SAN MIGUEL et al. 2003: 7ff) Die obige Definition ist aber vergleichbar mit anderen mitteleuropäischen Ländern. (vgl. FIREBLOG 2024b)

Die Waldbrandgefahr ist nicht immer gleich hoch. Im südlichen Niederösterreich wurde die Waldbrandgefahr Anfang September 2024 als hoch eingeschätzt. Dabei wurden für die Waldbrandgefahrenabschätzung der Wind, die Witterung, Auslösefaktoren und die Vegetation berücksichtigt. (vgl. FIREBLOG 2024b) Auch die Österreichischen Bundesforste (ÖBf) bestätigen, dass im südlichen NÖ die Wälder, vor allem Nadelwälder, von Bränden gefährdet sind. (vgl. NRM-JOURNAL 2023: 8)

Waldbrandgefahr vs. Waldbrandrisiko: Während die *Gefahr* oft rein meteorologisch gemessen wird, bezieht das *Risiko* den Wert der bedrohten Gebiete mit ein. Ein entzündetes Feuer in einem unbewohnten Gebiet birgt eine hohe Gefahr, aber möglicherweise ein geringeres Risiko für die Gesellschaft und die Brandbekämpfung als ein Feuer in der Nähe einer Siedlung. (vgl. FIREBLOG 2018) Oft werden aber die beiden Begriffe *Waldbrandgefahr* und *Waldbrandrisiko* in der Waldbrandforschung oft synonym verwendet. (vgl. EFFIS 2025).

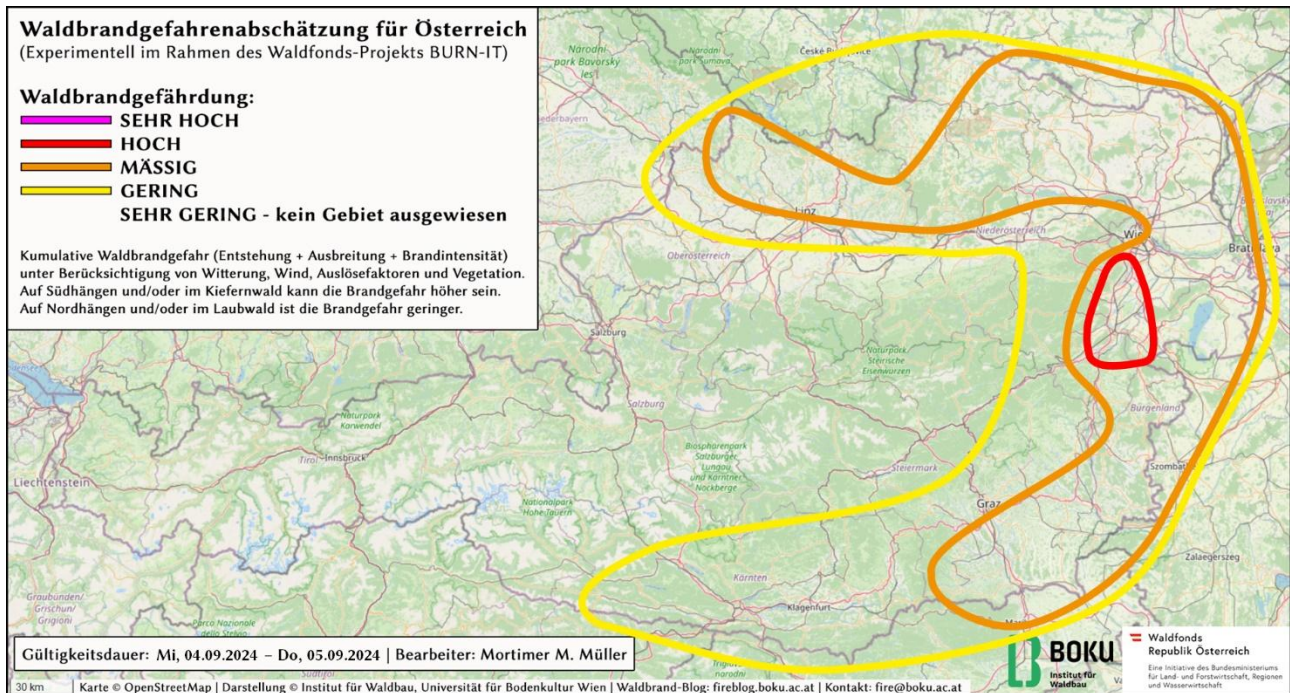


Abbildung 1: Waldbrandgefahrenabschätzung für Österreich 04.09.2024 (FIREBLOG 2024b)

In obiger Abbildung ist eine Waldbrandgefahrenabschätzung für Österreich von Anfang September 2024 zu sehen: Die Windgeschwindigkeit und die Luftfeuchtigkeit spielen eine bedeutende Rolle bei der Entstehung und Ausbreitung von Bränden. Im Mühl- und Waldviertel, am Alpenostrand in Niederösterreich, im Burgenland sowie im Südosten bestand Anfang September 2024 eine mäßige Waldbrandgefahr (Gefährdungsstufe 3). Dort trafen längere Trockenperioden, stärkere Windverhältnisse und feuergefährdete Waldbestände aufeinander. Die Gefahr von Flurbränden war besonders hoch bis sehr hoch in der Region vom Weinviertel bis ins Nordburgenland. Südlich von Wien blieb die Waldbrandgefahr aufgrund der dortigen Vegetation (Kiefernwälder), niedriger Luftfeuchtigkeit und Windböen von etwa 40 km/h auf Gefährdungsstufe 4 (hoch). Besonders betroffen waren südexponierte Hanglagen. Die **Einschätzung der Waldbrandgefahr** basiert auf einer kumulativen Bewertung, die Entstehungsgefahr, Ausbreitungsrisiko und die erwartete Brandintensität kombiniert. Bei solchen Abschätzungen wird nicht nur die kurzfristige Wetterentwicklung einbezogen, sondern auch die Witterungsverhältnisse der vergangenen Monate. Zusätzlich fließen Beurteilungen der Vegetation und ihres aktuellen Zustands, die Windgeschwindigkeiten sowie die Topografie in die Analyse ein. Indirekt werden auch Auslösefaktoren berücksichtigt, wie beispielsweise die Wahrscheinlichkeit von Gewittern. (vgl. FIREBLOG 2024b)

Hier fließen einsatzrelevante Faktoren wie die Gewässer Verfügbarkeit/Wasserentnahmestellen sowie die Wegesituation nicht ein. Diese sind für die Waldbrandbekämpfung aber unerlässlich.

3 GIS-Einsatz bei Waldbränden

Waldbrände können weltweit auftreten, weshalb nachfolgend im ersten Unterkapitel einige Strategien aus anderen Ländern in aller Kürze vorgestellt werden. Danach wird EFFIS, eine Anwendung bzw. Waldbranddatenbank für Europa, näher beschrieben. Im zweiten Unterkapitel wird die Situation in Österreich näher beleuchtet, um die Rahmenbedingungen für das Untersuchungsgebiet genauer kennenzulernen.

3.1 International

3.1.1 GIS-Einsatz bei Waldbränden international

Katastrophen, wie Waldbrände, treten an bestimmten Standorten auf. Das Katastrophenrisikomanagement (Disaster Risk Management) hat schon immer eine wichtige Rolle gespielt, gewinnt jedoch angesichts der zunehmenden Zahl von Katastrophen infolge des Klimawandels weiter an Bedeutung. Jede Phase des Disaster risk managements (kurz DRM) ist stark auf Geodaten angewiesen. Da jede Katastrophe an einem spezifischen Ort stattfindet, können die Geodaten dieses Ortes im Rahmen des Katastrophenmanagements genutzt werden. Dazu zählen unter anderem topografische Daten, GNSS-Daten, Katasterdaten, Luftbilder und Höhendaten. Geodaten sind unerlässlich, um in Katastrophensituationen schnellere und präzisere Entscheidungen treffen zu können. Diese Daten können aus verschiedenen Quellen stammen, beispielsweise aus dem öffentlichen oder privaten Sektor sowie von der Bevölkerung. Dennoch sollten die genauesten und zuverlässigsten Geodaten die offiziellen Geodaten von offiziellen Institutionen sein. (vgl. Vucic et al. 2021: 943)

Geographische Informationssysteme ermöglichen eine räumliche Analyse, die vor einigen Jahren noch extrem zeitaufwendig oder fast unmöglich war. GIS leisten einen Beitrag, die Wirksamkeit der Früherkennung von Bränden und die Ressourcenoptimierung zu verbessern. (vgl. CATRY et al. 2007)

Heutzutage werden Geodaten mit unterschiedlichen Sensoren von verschiedenen Akteuren erfasst, darunter der private Sektor, die Bürger und der öffentliche Sektor. Als offizielle Geodaten gelten Geodaten, die von einer zuständigen Behörde wie den **National Mapping and Cadastre Agencies (NMCAs)** erhoben werden. Diese Daten sind häufig die zuverlässigsten und ihre Nutzung ist in zahlreichen Bereichen gesetzlich vorgeschrieben. Die Geodaten der NMCAs haben sich bereits als

wertvolle Quelle bewährt. Allerdings bieten alternative Geodatenquellen aus dem privaten Sektor oder von Bürgern, wie etwa freiwillige Geodaten, eine starke Ergänzung oder sogar Alternative zu amtlichen Geodaten. Um ihre gesellschaftliche Relevanz zu erhalten, müssen die NMCA's ihr Geschäftsmodell und ihre Herangehensweise überdenken, um dynamischer zu werden und den steigenden Anforderungen der Nutzer gerecht zu werden. Ein möglicher Anwendungsbereich ist das **Disaster Risk Management (DRM)**. Zwar wurden amtliche Geodaten wie **Orthofotos, das Liegenschaftskataster und das Versorgungskataster** ursprünglich nicht für diesen Zweck erstellt, doch Fallstudien zeigen eindeutig ihre Bedeutung und ihren Nutzen. Die wichtigsten Kriterien sind **Zuverlässigkeit, Genauigkeit und Echtzeitverfügbarkeit**. Eine durchgehende Bereitschaft ist essenziell, um im Ernstfall so schnell als möglich und gut vorbereitet reagieren zu können – auch dann, wenn das Risiko nicht unmittelbar kritisch ist. Generell zeigt sich, dass amtliche Geodaten in Kombination mit anderen Datenquellen sowohl zur Katastrophenvorbeugung als auch zur Bewältigung von Krisensituationen geeignet sind. Eine Möglichkeit, das Standardangebot zu erweitern, ist die **ad-hoc-Erstellung und Bereitstellung von Orthofotos** bei Katastrophen wie Waldbränden oder Überschwemmungen. Zudem sollten das **Kataster der Infrastrukturen und das Nutzungskataster** kontinuierlich aktualisiert und online zugänglich gehalten werden. (vgl. VUCIC et al. 2021: 957)

Eine konkrete Anwendung, wie GIS für die Waldbrandprävention eingesetzt werden kann, liefern (CATRY et al. 2007), die sich mit Waldbrandprävention in **Portugal** beschäftigt haben. Alle räumlichen Analysen und kartographische Produkte wurden mithilfe von GIS, vorwiegend mit ArcInfo und ArcGIS-Software von Esri erstellt. (vgl. CATRY et al. 2007)

GIS kann also unter anderem für die Waldbrandprävention eingesetzt werden. Es gibt bereits einiges an Literatur zu diesem Thema weltweit, beispielsweise haben (SHIN et al. 2024) zwei GIS-basierte Anwendungen für die Risikobewertung von Bodenerosion in Einzugsgebieten von Waldbränden in **Südkorea** verglichen oder (BERGADO et al. 2021) ein Netzwerk entwickelt, um die Wahrscheinlichkeit von Waldbränden vorhersagen zu können, in dem sie big geodata im Untersuchungsgebiet in **Australien** verwendeten. Diese Ansätze werden im Rahmen dieser Arbeit nicht näher behandelt, da ihre umfassende Analyse den vorgesehenen Umfang überschreiten würde. Um einen kleinen Einblick in die Vielfalt der Ansätze zu bekommen, wird stellvertretend im nächsten Absatz das Portal Cadastre in Motion aus Kroatien beschrieben.

Das Portal Cadastre in Motion ist eine interaktive Webanwendung in **Kroatien**, die Katasterparzellendaten, ein Register mit Daten zu räumlichen Einheiten und auch Eigentumsdaten, auf verschiedenen Geräten bereitstellt. Sie kann auf Smartphones verwendet werden, um verschiedene Datensätze aus den oben genannten Registern in Echtzeit genau zu lokalisieren, was in Krisensituationen sehr nützlich ist. (vgl. VUCIC et al. 2021: 949)

Brände stellen während der Sommermonate eine besonders große Gefahr dar – nicht nur für Pflanzen und Tiere, sondern auch für Menschenleben und materielle Ressourcen. In **Kroatien** sind vor allem die Küstengebiete betroffen, da sie durch starke Winde und eine sehr trockene Umgebung gekennzeichnet sind, welche die rasche Ausbreitung von Waldbränden begünstigen. Jüngste Forschungen in Kroatien haben einige Lösungen zur Ermittlung von Entschädigungen für Gefahren entwickelt, die auf Daten der Landverwaltung basieren. Das Europäische Waldbrandinformationssystem (EFFIS) unterstützt die zuständigen Stellen in den EU-Ländern beim Schutz der Wälder vor Bränden und versorgt sowohl das Europäische Parlament als auch die Dienststellen der Europäischen Kommission mit verlässlichen und aktuellen Informationen über Waldbrände in Europa. Eine 3D-Ansicht der Siedlungen ist in den Großstädten der Europäischen Union verfügbar, die in Krisensituationen eine wertvolle Hilfe darstellen kann. Diese Kombination verschiedener Landverwaltungssysteme ermöglicht es Feuerwehkräften, von den beiden meistgenutzten Systemen zu profitieren. Das Portal **Cadastre in Motion** ist mit Google Maps verknüpft und liefert nützliche Informationen über Gebäude in Krisensituationen. In einigen Ländern enthält Google Maps zudem den Dienst **Google Street View**, der insbesondere im Bereich des 3D-Katasters von großem Nutzen ist. Dies unterstreicht die Bedeutung der Integration amtlicher Geodaten mit anderen Quellen, in diesem Fall aus dem Privatsektor, die allen Beteiligten Vorteile bringt. Über den Dienst **Cadastre in Motion** kann auf Google Street View zugegriffen werden, wo Daten zu Katasterparzellen, Gebäudenutzung, Adressen, Landnutzung und Immobilieneigentum enthalten sind. Die Feuerwehr kann durch die Kombination dieses globalen Google-Dienstes mit lokalen (staatlichen) amtlichen Registerdaten rasch und effizient wertvolle Informationen sammeln. (vgl. VUCIC et al. 2021: 955f)

3.1.2 EFFIS – European Forest Fire Information System

Eine verbreitete Anwendung in ganz Europa, die fast alle Informationen zu Waldbränden in Nordafrika und Europa sammelt und für die Öffentlichkeit zur Verfügung stellt, ist EFFIS, das European Forest Fire Information System. (vgl. GRUNDTNER 2022) In diesem Abschnitt wird EFFIS näher beschrieben.

Viele Länder haben mit Waldbränden zu kämpfen. Die Europäische Kommission richtete daher das Europäische Waldbrandinformationssystem EFFIS in Zusammenarbeit mit den nationalen Brandschutzbehörden ein, um den EU-Institutionen Informationen über Waldbrände in ganz Europa zu liefern. Weiters werden die Stellen in der EU und den Nachbarländern, die für den Schutz der Wälder vor Bränden zuständig sind, unterstützt. (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2025a) EFFIS wurde im Jahr 2000 in Betrieb genommen und laufend ausgebaut. Es wurde auch in Zusammenarbeit zwischen den EU-Dienststellen und den Ländern eingerichtet und steht allen europäischen Ländern offen. (vgl. EFFIS 2025). EFFIS dient dazu, die zuständigen Stellen in der EU und den Nachbarländern beim Schutz der Wälder vor Bränden zu unterstützen und den EU-Institutionen einheitliche Informationen über Waldbrände in Europa bereitzustellen. (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2025a)

Seit 1998 wird EFFIS durch ein Netzwerk von Experten begleitet. Das System basiert auf einer modularen, webbasierten geografischen Informationsplattform, die nahezu in Echtzeit historische Daten zu Waldbränden und Brandregimen in Europa, Nordafrika und dem Nahen Osten bereitstellt. Die Brandüberwachung innerhalb von EFFIS deckt den gesamten Brandzyklus ab, liefert Informationen zu den Bedingungen vor einem Brand und bewertet die Schäden nach dessen Ausbruch. (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2025a)

Im Jahr 1998 richtete die Gemeinsame Forschungsstelle (GFS) der Europäischen Kommission eine Forschungsgruppe ein, die sich speziell mit der Entwicklung und Anwendung fortschrittlicher Methoden zur Bewertung der Waldbrandgefahr sowie zur Kartierung verbrannter Gebiete auf europäischer Ebene befasst. Im selben Jahr fand die erste Sitzung der „Expertengruppe für Waldbrände“ der Mitgliedstaaten statt. Diese Gruppe hatte die Aufgabe, beratend an der Entwicklung neuer Bewertungsmethoden für Brände mitzuwirken. Schließlich führten diese Aktivitäten zur Entwicklung des Europäischen Waldbrandinformationssystems (EFFIS), das im Jahr 2000 in Betrieb genommen werden konnte. Seither wurde das System kontinuierlich erweitert – unterstützt durch die Forschungsarbeit der GFS, verschiedene Dienststellen der Europäischen Kommission (GD ENV, GD

ECHO, GD GROW) sowie die europäischen Länder. EFFIS ist seit 2015 Teil des Copernicus-Programms der EU und untersteht dem Emergency Management Service (EMS). In Zusammenarbeit zwischen den EU-Dienststellen und den einzelnen Ländern wurde EFFIS eingerichtet und steht allen europäischen Staaten offen. Um das System auch auf Nicht-EU-Mittelmeerländer auszuweiten, wurde zudem eine Vereinbarung mit der FAO Silva-Mediterranea getroffen. Die ursprünglichen Module zur Vorhersage der Brandgefahr und zur Schadensbewertung wurden im Laufe der Zeit verbessert und um zusätzliche Funktionen ergänzt. (vgl. EFFIS 2025)

Informationen über Waldbrände in Europa sind oft verstreut und werden zunächst von den lokalen Behörden erfasst. Diese sammeln die Daten und fassen sie auf Provinz- oder Regionalebene zusammen. Anschließend erfolgt eine weitere Aggregation auf nationaler Ebene, um umfassende Statistiken zu erstellen. Für europäische Daten kommt eine zusätzliche Aggregationsebene hinzu. Bei der Analyse der Datenintegrität und der statistischen Auswertung zur Beurteilung der Brandsituation in Europa muss berücksichtigt werden, dass die Erhebungsmethoden erheblich variieren. Tatsächlich unterscheiden sich diese nicht nur von Land zu Land, sondern auch innerhalb eines einzelnen Staates je nach Region. Zudem gibt es keine einheitliche Definition für den Begriff „Waldbrand“, da die Bestimmung von bewaldeten Flächen in den EU-Mitgliedsstaaten unterschiedlich gehandhabt wird. Zu den verwendeten Indizes zur Bewertung der Brandgefahr gehören unter anderem der Fire Weather Index, der Italian Fire Danger Index, Behave, der Portugiesische Index, sowie die Spanische ICONA-Methode. (vgl. SAN MIGUEL et al. 2003: 7, 10f)

Das EFFIS-Netz hat 2007 nach einer 5-jährigen Testphase, in der in EFFIS verschiedene nationale Indizes für die Brandgefahr implementiert wurden, das kanadische Waldbrand-Wetter-Index-System (kurz den FWI) als Methode zur europaweit harmonisierten Bewertung der Brandgefahr übernommen. (vgl. EFFIS 2025)

Eine Übersicht über die aktuelle sowie vergangene Brandsituation in Europa ist auf der Webseite <https://effis.jrc.ec.europa.eu/> verfügbar. Die nächste Abbildung zeigt den Waldbrand in Hirschwang im Herbst 2021, der ebenfalls von EFFIS erfasst wurde. Dieser Waldbrand war der Auslöser für das Projekt des Waldfachplanes, mehr dazu in Kapitel 5.1. Für das ausgewählte Gebiet kann eine Tabelle eingeblendet werden, die detaillierte Informationen zum jeweiligen Brand liefert. (vgl. GRUNDTNER 2022)

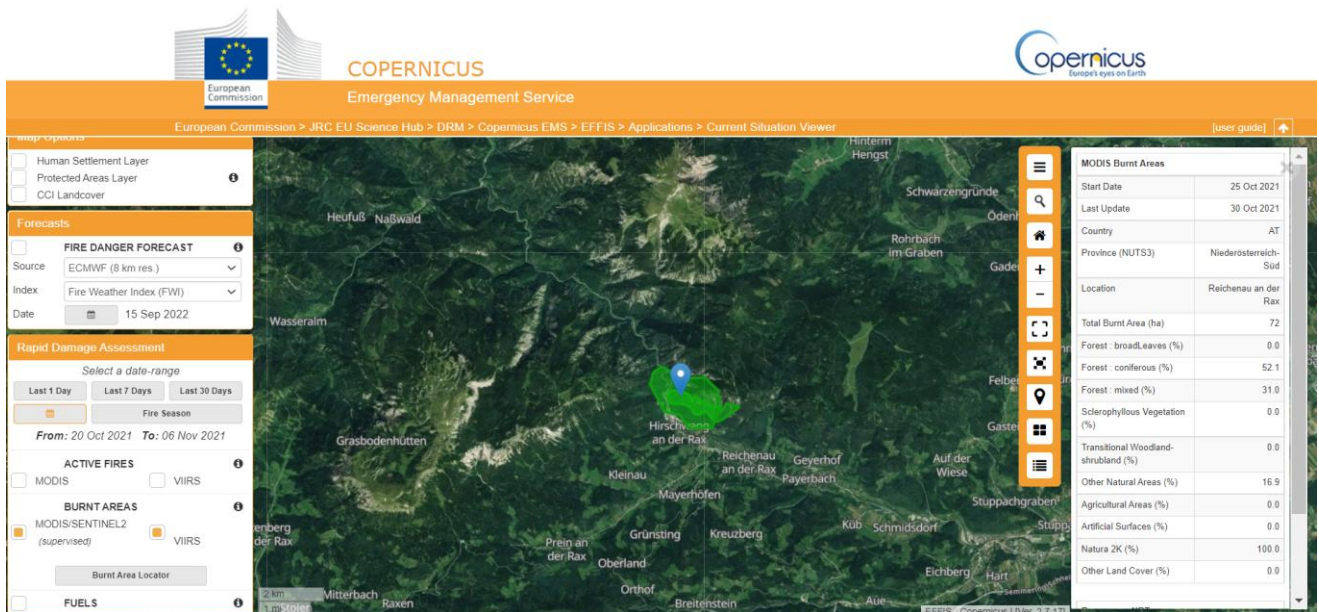


Abbildung 2: Current Situation Viewer EFFIS Waldbrand Hirschwang (EFFIS 2025, eigene Darstellung)

Durch den Einsatz neuer Technologien wie Fernerkundung und Telekommunikation wurden erhebliche Fortschritte in der Überwachung von Waldbränden ermöglicht. Ein einheitliches Verfahren zur Bewertung von Waldbrandrisiken und -schäden konnte durch die Zusammenarbeit verschiedener Institutionen der Europäischen Kommission mit den Mitgliedstaaten in Europa etabliert werden. Das bestehende EFFIS bildet den zentralen Bestandteil eines weiterentwickelten Waldbrandinformationssystems, das die Interaktion der Dienste der Europäischen Kommission mit nationalen Diensten fördert und eine aktuelle Datenbank zu Waldbränden in Europa bereitstellt. Geplant ist, EFFIS um neue Module zu erweitern, insbesondere im Bereich der Risikobewertung nach Waldbränden, um Erdrutsche, Bodenerosion und Bodenverluste zu verhindern sowie die Biomasse und den Anteil von Waldbränden an den CO₂-Emissionen in der Atmosphäre zu erfassen. (vgl. SAN MIGUEL et al. 2003: 15)

Das EFFIS-Netz setzt sich aus Waldbrandexperten verschiedener Länder sowie internationaler Organisationen wie der FAO und der UNECE zusammen. Seine zentrale Aufgabe ist es, die Weiterentwicklung und Umsetzung von EFFIS zu unterstützen sowie Empfehlungen zur Verbesserung der Waldbrandprävention im europäischen und mediterranen Raum zu erarbeiten. Offiziell wird das Netzwerk als Expertengruppe für Waldbrände (EGFF) bezeichnet. Koordiniert werden alle EFFIS-Aktivitäten der Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission (GD ENV bzw. DG ENV/Directorate-General for Environment) mit der GFS (Gemeinsame Forschungsstelle bzw. JRC/Joint Research Centre), um die Endnutzer wie die Forst- und Katastrophenschutzdienste in den von EFFIS

überwachten Ländern zu erreichen. Am EFFIS-Netz sind aktuell 40 Länder beteiligt. Sowohl die GFS als auch die GD ENV koordinieren dieses Netz. Weil EFFIS gezielt das Notfallkoordinationszentrum (ERCC), das mit Echtzeitinformationen während der Brandsaison versorgt wird und sich in Brüssel befindet, unterstützt, ist zusätzlich das Referat für Katastrophenschutz der GD ECHO (Amt für humanitäre Hilfe der Europäischen Kommission) beteiligt. Vor und nach der Hauptbrandsaison, also regelmäßig zwei Mal im Jahr oder anders gesagt im Frühjahr und im Herbst trifft sich das EFFIS-Netz. (vgl. EFFIS 2025)

Eine weitere Anwendung von EFFIS ist in der untenstehenden Abbildung dargestellt. Das Waldbrandrisiko und auch andere Thematiken können mit dem Wildfire Risk Viewer europaweit für einzelne Bundesländer dargestellt werden:

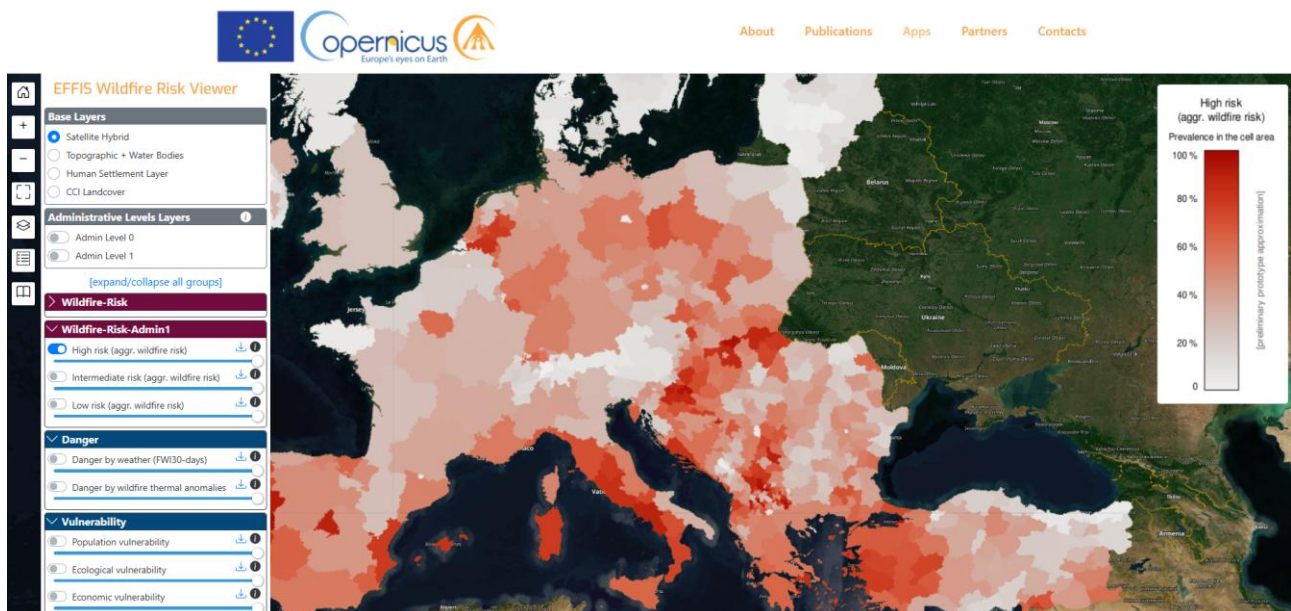


Abbildung 3: EFFIS Wildfire Risk Viewer (EFFIS 2025, eigene Darstellung)

EFFIS wurde entwickelt, um verschiedene Arten von Waldbrandrisikoindizes zu berechnen – von dynamischen Indizes bis hin zu langfristigen Indikatoren. Nach der Berechnung werden diese Indizes über das Internet an die Zivilschutz- und Waldbranddienste weitergeleitet. Das Waldbrandrisiko wird von zahlreichen Variablen beeinflusst, die sowohl räumlich als auch zeitlich erheblichen Schwankungen unterliegen. Dieser Variabilität entsprechend lässt sich das Risiko in eine langfristige und eine kurzfristige Vorhersage unterteilen. Die Methoden und Anwendungen der erstellten Waldbrandgefahrenkarten unterscheiden sich je nach zeitlichem Rahmen. Langfristige Vorhersagen basieren auf statischen oder strukturellen Indikatoren und dienen in erster Linie der strategischen

langfristigen Planung, indem sie Regionen charakterisieren, die einem hohen oder geringen Brandrisiko ausgesetzt sind. Kurzfristige Vorhersagen hingegen nutzen sogenannte dynamische Indizes, die speziell für den operativen Einsatz konzipiert sind. Diese kurzfristigen Prognosen unterstützen die Brandbekämpfung und dienen als Entscheidungshilfe für die effiziente Zuteilung von Waldbrandbekämpfungsressourcen in den betrieblichen Brandbekämpfungszentren. (vgl. SAN MIGUEL et al. 2003: 8)

Das Waldbrandrisiko wird mithilfe statistischer und empirischer Methoden bestimmt, um verschiedene Ergebnisse zu erzielen. Beim ersten empirischen Ansatz werden drei wesentliche Variablen zur Einschätzung der Brandwahrscheinlichkeit für einen Index herangezogen: **Topographie**, **Brennstoffe** und **sozioökonomische Faktoren**. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Faktoren mit dem Auftreten von Waldbränden zusammenhängen. Dieser Index dient der Bewertung der Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung, nicht der Feuerausbreitung, da letztere stärker mit dynamischen Indizes verknüpft ist. Die **Topographie** wurde in das Modell aufgenommen, da sie die Bedingungen für eine Entzündung des Feuers beeinflussen kann und in enger Verbindung mit der Art und dem Zustand der verfügbaren Brennstoffe steht. Da der Einfluss **sozioökonomischer Faktoren**, insbesondere des menschlichen Faktors, schwer zu modellieren ist, wurde in das Modell die Wiederholung von Bränden aufgenommen. Statistiken für Südeuropa zeigen, dass in Gebieten mit einer hohen Brandrate in der Vergangenheit auch die Wahrscheinlichkeit zukünftiger Brände erhöht ist. (vgl. SAN MIGUEL et al. 2003: 9)

3.2 Österreich

3.2.1 Österreich: GIS-Einsatz bei Waldbränden

Es gibt nicht nur internationale Waldbranddatenbanken wie EFFIS, sondern auch eine innerhalb von Österreich: der Fireblog von der BOKU Wien für Österreich. Diese enthält Informationen über die Größe, das Datum, Ursachen, den Standort und weiteren Daten über Waldbrände in Österreich. (vgl. WBDB AT 2024) Seit 2008 werden in dieser Waldbranddatenbank Brandereignisse dokumentiert. Es ist möglich, dort nach bestimmten Kriterien zu filtern, Statistiken und Grafiken zu erstellen sowie Waldbrände zu melden. (vgl. NRM-JOURNAL 2023)

Im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte werden seit 2008 am Institut für Waldbau der BOKU-Universität die Verteilung, die Charakteristika, das Auftreten, sowie die Ursachen von Waldbränden in Österreich analysiert. Die Datenreihe umfasst etwa 8000 Feuer, wovon rund 7000 auf Waldbrände entfallen, und erstreckt sich über mehrere Jahrzehnte. (vgl. FIRE-DATABASE 2024)

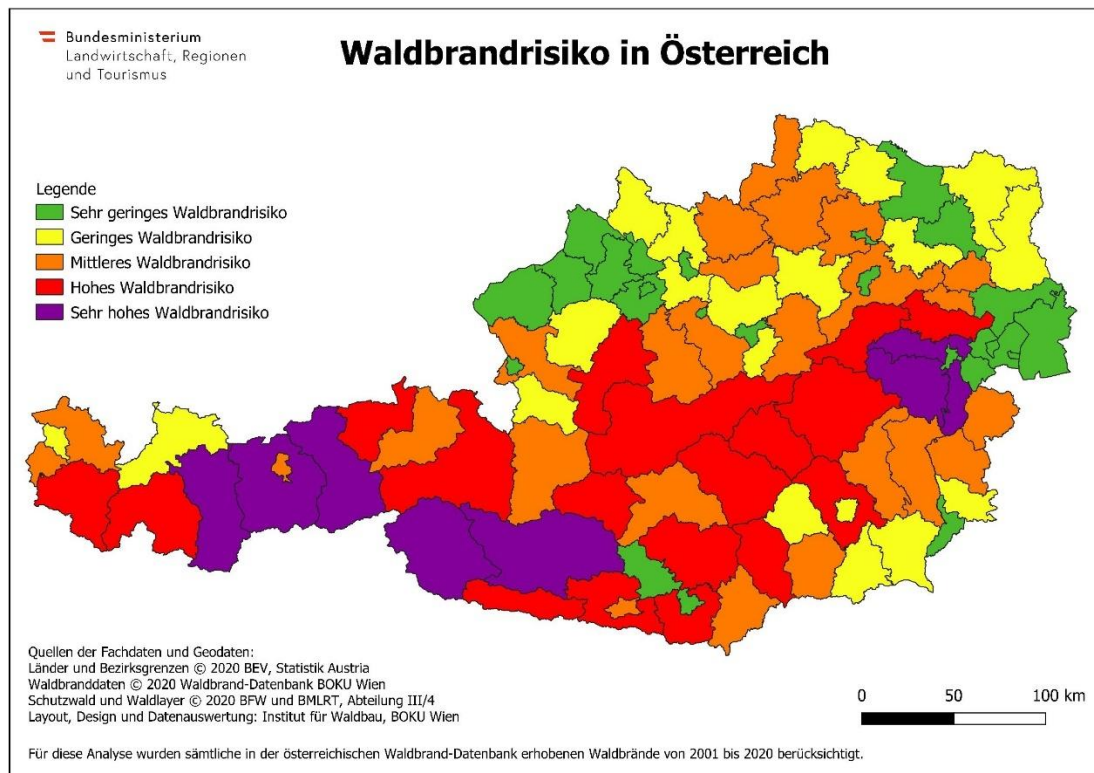


Abbildung 4: Waldbrandrisiko in Österreich (BML 2024)

In Österreich ist das Waldbrandrisiko nicht überall gleich groß. Im südlichen Niederösterreich, in Tirol und einem Teil von Kärnten ist das Waldbrandrisiko sehr hoch, wie die obige Abbildung des Bundesministeriums für Landwirtschaft zeigt. (vgl. BML 2024)

Der niederösterreichische Landesfeuerwehrverband (LFVB) hat einen neuen Sonderdienst „Waldbrandbekämpfung“ ins Leben gerufen. Dieser ist noch im Aufbau, eine Projektgruppe erarbeitet derzeit Rahmenbedingungen für die Organisation, Ausbildung und die Ausrüstung. Diese Waldbrandbekämpfungseinheit gliedert sich in das Kommando und vier Basisgruppen. (vgl. NÖLFVB 2024b)

Wesentlich länger gibt es den Katastrophenhilfsdienst (KHD), der zur überörtlichen Hilfeleistung in Katastrophenfällen sowie bei größeren Einsätzen eingerichtet wurde. Der KHD wird nicht nur bei

Großbränden, sondern auch bei Rettungseinsätzen, der Notversorgung der Bevölkerung und vielen weiteren Szenarien eingesetzt. (vgl. NÖLFVB 2024c)

Auch im Bezirksfeuerwehrkommando gibt es eine eigene Gruppe, die für Waldbrände zuständig ist. Die Waldbrandgruppe 15 besteht derzeit aus 30 Mitgliedern, die aus 21 Feuerwehren im Bezirk Neunkirchen kommen. Bei Einsätzen, wo auch Sonderdienste zur Unterstützung der eingesetzten Feuerwehren angefordert werden, ist eine Bereitstellung von Einsatzplänen, Einsatzunterlagen und Kartenmaterial sinnvoll und notwendig. (vgl. BFKDO NK 2024)

Auch die Österreichischen Bundesforste befassten sich seit 2020 aktiv mit innovativer Waldbrandprävention und mit der Waldbrandnachsorge sowie dem Brandschutz. Damit sollte erreicht werden, dass im Einsatzfall eine zielgerichtete Erkundung der Lage mit Blaulicht- und Hilfsorganisationen vor Ort ermöglicht wird. (vgl. RIENER UND HOFSTÄTTER 2021)

Die Waldbrandgefahr werden durch die Folgen des Klimawandels wie Hitzewellen und längere Trockenperioden sowie durch die vermehrte Nutzung des Waldes in der Freizeit erhöht. Es kam im Jahr 2023 in Österreich zu über 100 Waldbränden. (vgl. NRM-JOURNAL 2023: 8, vgl. EWALD 2024)

Der Sonderdienst Waldbrand und der Katastrophenhilfsdienst waren bei einer Waldbrandübung in der Wachau beteiligt. Dabei wurde angenommen, dass eine 300 Meter lange Feuerfront unter Kontrolle und von einem Jungwald ferngehalten werden sollte. Der Katastrophenhilfsdienst war für die Wasserversorgung zuständig. (vgl. EWALD 2024)

Im Bezirk Oberwart im Großraum Stadtschlaining gibt es sogenannte VBB-Feuerwehr-Einheiten (VBB steht für Vegetationsbrandbekämpfung), die im April 2024 eine Waldbrandübung abhielten. Dabei standen insgesamt 800 Feuerwehrleute aus Ungarn, der Oststeiermark und dem südlichen Burgenland bei der Übung im Einsatz. Es waren ca. 140 Feuerwehrfahrzeuge beteiligt, für die das entlegene Übungsgebiet enorme Herausforderungen bereithielt, da das Löschwasser mit einem Tankpendelverkehr über eine steile Forststraße zum Übungsort gebracht werden musste, bevor ein Hubschrauber des Innenministeriums die Löscharbeiten unterstützen konnte. Weil das Löschwasser nur beschränkt vorhanden war, wurde eine Brandschutzschneise händisch gegraben, um die Ausbreitung des bodennahen Feuers zu unterbinden. (vgl. EWALD 2024)

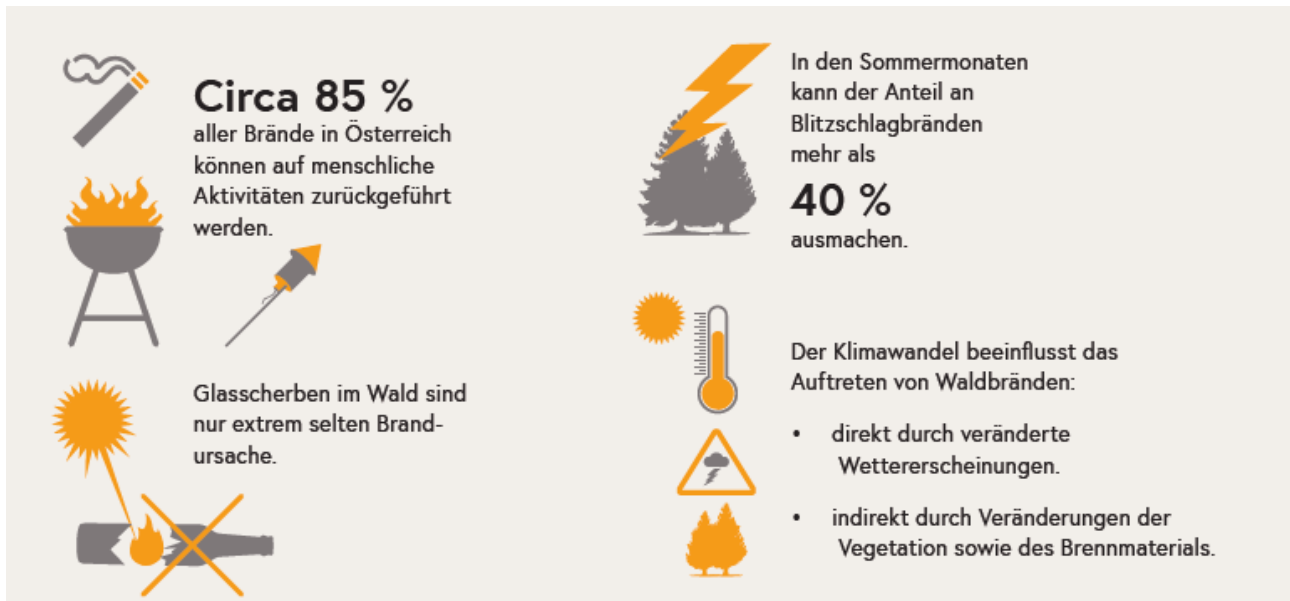


Abbildung 5: Fakten zu Waldbränden (BML 2022: 7)

Der Waldbrandexperte der ÖBf, Wolfgang Riener, fasste die Waldbrandbekämpfung der Feuerwehr im NRM-Journal 2023 folgendermaßen zusammen:

„Für das Löschen von Waldbränden ist eine gute Kommunikation nötig. Folgende Informationen müssen allen an der Brandbekämpfung Beteiligten zur Verfügung stehen: **Wer** sind die Ansprechpartner? **Wo** gibt es Forststraßen, über die man mit den Löschzügen zu den Brandherden kommt? **Wo** gibt es im Gebiet des Waldbrandes Wasser? [...] Die Feuerwehr muss auch darüber informiert werden, ob und wo im Wald Menschen und Weidevieh sein können.“ (NRM-JOURNAL 2023: 8f)

Aufgrund des Klimawandels dehnt sich die Zeitspanne, in der die Waldbrandgefahr groß ist, immer weiter aus. Vor der globalen Klimaerwärmung war die Waldbrandgefahr in Österreich vor allem in den Sommermonaten hoch. Durch die globale Klimaerwärmung haben sich die Bedingungen jedoch verändert – nicht nur im Osten Österreichs, sondern auch im alpinen Raum. Auf Flächen, die durch Sturmereignisse oder Borkenkäferbefall waldlos geworden sind, hat sich Grasland ausgebreitet. Dieses kann, abhängig von Niederschlägen und Höhenlage, bereits ab Februar sehr trocken sein und sich leicht entzünden. (vgl. NRM-JOURNAL 2024: 6)

Früher sorgte eine geschlossene Schneedecke über mehrere Monate hinweg für Schutz. Im vergangenen Winter (2023/2024) lag die Schneedeckengrenze jedoch nur zwischen 1200 und 1500 Metern. Darunter fiel zwar Regen, doch das Gras blieb dennoch trocken, wie Wolfgang Riener,

Sicherheitsfachkraft der ÖBf und Zugskommandant der Feuerwehr im Waldviertel mit dem Sonderdienst Waldbrand berichtet. (vgl. NRM-JOURNAL 2024: 6)

Aufgrund der Klimaerwärmung kommt es zu mehr Waldbränden. Ein Beispiel dafür ist, dass in der Steiermark während eines Föhnsturms ein Baum auf eine Stromleitung geflogen ist und durch den Funkenflug ein Brand in sehr unwegsamem Gelände ausgelöst wurde. Dabei waren mehr als 110 Hektar betroffen. Früher wäre um diese Zeit noch Schnee gelegen und der Brand nicht passiert. Je nach Höhenlage brennt trockene Vegetation nun auch bereits von Februar bis April. Durch den Tau in der Früh war auch trockene Vegetation befeuchtet und fing nicht so leicht zu brennen an, was auf die höhere Luftfeuchtigkeit früher zurückzuführen ist. Die Brandgefahr sinkt erst, wenn alles austreibt und zu grünen beginnt. (vgl. NRM-JOURNAL 2024: 6)

Waldbrandübungen und die Erstellung von Waldbrandpräventionskonzepten haben das Ziel, bestmöglich auf Waldbrände vorbereitet zu sein. Dabei sind viele Faktoren wie die Wegesituation, die Vegetation, Wasserbedingungen, die Dichte des Feuerwehernetzes und auch die Besucherfrequenz zu berücksichtigen. (vgl. NRM-JOURNAL 2024: 7)

Mittelfristige Maßnahmen sind unter anderem, dass in besonders gefährdeten Gebieten das Waldbrandrisiko in raumbezogene Pläne integriert wird. Beispiele dafür sind Bebauungs- und Flächenwidmungspläne, Katastropheneinsatzpläne, GIS-Systeme oder Waldfachpläne. (vgl. BML 2022: 26)

Die Bewertung des Risikos ist entscheidend für die Prävention und Bekämpfung von Waldbränden. Sobald die Gefahren identifiziert sind, können frühzeitige Warnungen in gefährdeten Gebieten oder bei entsprechenden Bedingungen ausgesprochen werden, sodass im Brandfall schnellstmöglich reagiert werden kann. (vgl. BML 2022: 20)

Eine kurzfristige Waldbrandwarnung soll nach dem Vorbild der Lawinenwarnung entwickelt und eingeführt werden. Dabei sollen Topografie, Vegetation, menschliche Einflüsse sowie die spezifischen Standortbedingungen im Alpenraum in die Bewertung einfließen. Die Ergebnisse sollen in einer anschaulichen und leicht verständlichen Form bereitgestellt werden. Grundlage dafür sind sozialwissenschaftliche Erkenntnisse, ergänzt durch internationale Ansätze, die auf die österreichischen Gegebenheiten in Pilotregionen angepasst werden. (vgl. BML 2022: 20) Diese kurzfristige Waldbrandwarnung konnte trotz intensiver Recherche nicht gefunden werden.

Es gab bereits von ZAMG online eine Seite, die die aktuelle meteorologische Waldbrandgefahr für ganz Österreich darstellt. Dabei wurden menschliche Einflüsse nicht berücksichtigt und sie war unter <https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetter-oesterreich/waldbrand/> (Zugriff: 30.12.2024) aufrufbar. Dabei konnten die einzelnen Bundesländer näher betrachtet werden, um eine detailliertere Ansicht pro Bundesland zu erhalten. (vgl. ZAMG WBI 2024) Genauere Informationen sind in Kapitel 4.2 ZAMG-Waldbrandindex zu finden.

Waldbrände entstehen immer durch eine Zündquelle. In Österreich werden etwa 85 % aller Brände direkt oder indirekt durch menschliches Handeln verursacht. Zu den häufigsten Auslösern zählen Funkenflug entlang von Bahnstrecken, heiße Asche, weggeworfene Zigaretten, außer Kontrolle geratene Feuer, gerissene Stromleitungen oder Brandstiftung. Als natürliche Zündquelle ist Blitzschlag für etwa 15 % der Waldbrände verantwortlich. (vgl. BML 2022: 6f)

Ein Beispiel für einen anthropogen bedingten Waldbrand ist der am Truppenübungsplatz Allentsteig im Jahr 2022. Seit über 130 Jahren war dieser der flächenmäßig größte Waldbrand in Österreich, wo über 400 Hektar Waldfläche und in Summe rund 1000 Hektar Land bei Schießübungen des Bundesheeres zerstört wurden. Eine der größten Herausforderungen bei der Brandbekämpfung war die Tatsache, dass vorwiegend munitionsbelastetes Gelände in Flammen stand. Ohne geeigneten Splitterschutz durften hier wegen der Blindgänger Gefahr keine Brandbekämpfungsmaßnahmen gesetzt werden. Die Feuerwehrr Kräfte des Bundesheeres und die Freiwilligen Feuerwehren der Umgebung konnten daher den Brand nur von Forststraßen und Brandschneisen aus bekämpfen. (vgl. FIREBLOG 2022)

Das Zündmaterial und dessen Beschaffenheit spielt neben der Zündquelle eine zentrale Rolle. Die sogenannte Streufeuchtigkeit, also der Wassergehalt des brennbaren Materials, beeinflusst maßgeblich die Ausbreitung und das Verhalten eines Waldbrandes. Typische Zündmaterialien sind abgestorbene Pflanzenteile, Äste, Blätter, Totholz oder auch stehende Bäume. Der Feuchtigkeitsgehalt des Materials wird stark durch klimatische Bedingungen wie Niederschläge, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Wind beeinflusst. In den Alpen erhöhen spezielle Wetterphänomene die Waldbrandgefahr erheblich. Beispielsweise sorgen Föhnwinde oder langanhaltende Inversionswetterlagen im Winter für eine starke Austrocknung, wodurch die Entstehung von Waldbränden begünstigt

wird. Der Wind ist letztlich der entscheidende Faktor, der die Ausbreitung der Flammen bestimmt. (vgl. BML 2022: 7)

Die Folgen von Waldbränden können gravierend sein. Schutzwälder werden häufig zerstört, da Kronenfeuer die meisten Bäume abtöten. Verbrannte Wurzeln und Asche erhöhen die Gefahr von Muren, Steinschlag oder Erosion. Außerdem wird die Naturverjüngung gehemmt, da Samenbanken und Keimlinge durch die Flammen vernichtet werden. (vgl. BML 2022: 7)

3.2.2 Waldbrand-Auswirkungen und AkteurInnen zum Waldbrandschutz

Auswirkungen von Waldbränden

Waldbrände haben oft direkte Auswirkungen auf die Gesellschaft. Intensive Brände gefährden sowohl Menschen als auch Siedlungen, schwächen die Schutzfunktionalität der Wälder, erhöhen die Erosion und führen zu steigenden Kosten für die Brandbekämpfung sowie für notwendige Maßnahmen nach dem Ereignis. Gelangt ein Waldbrand auf besonders kritische Infrastrukturen wie Energieversorgungsanlagen oder Krankenhäuser, hat dies schwerwiegende und unmittelbare Folgen für die lokale Bevölkerung. Dennoch können Waldbrände auch positive Effekte auf das Ökosystem Wald und die dortigen Lebensgemeinschaften haben. Durch die unterschiedlichen Intensitäten eines Feuers entstehen besondere Rückzugsräume für Tiere und Pflanzen. Mosaikartige Brandmuster schaffen eine heterogene Landschaft, in der stark betroffene Flächen von weniger stark verbrannten Gebieten durchzogen werden. Diese Gebiete bieten verschiedenen Arten neue Lebensräume. (vgl. BML 2022: 8)

AkteurInnen zum Schutz vor Waldbränden

Um mit Waldbränden umgehen zu können, sind unterschiedliche AkteurInnen gefordert. Der Fokus in der Waldbrandprävention liegt in der breiten Bevölkerung und bei den WaldbewirtschafterInnen. Über die Ausbreitung und das Auftreten von Waldbränden haben Forschungseinrichtungen und Universitäten ein großes Wissen. Dies kombiniert mit den Erfahrungen von Einsatzorganisationen, Versicherungen, InfrastrukturbetreiberInnen u.a. zeigt, dass eine breite Integration und Kooperation des unterschiedlichen Know-Hows der AkteurInnen notwendig ist. Es sorgen Katastrophenschutz,

Landeswarnzentralen und Einsatzorganisationen im Ereignisfall für eine effiziente und schnelle Bekämpfung. (vgl. BML 2022: 10)

AkteurInnen auf Bundesebene sind das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft, das SKKM (Staatliches Krisen- und Katastrophenschutzmanagement) des Bundesministeriums für Inneres, der Österreichische Bundesfeuerwehrverband, das Österreichische Bundesheer oder Naturschutzorganisationen. (vgl. BML 2022: 10)

AkteurInnen auf Landes- oder regionaler Ebene sind unter anderem die Landesfeuerwehrverbände, Landeswarnzentralen, Bezirkshauptmannschaften, Gemeinden, Ämter der Landesregierungen oder Tourismusverbände. Einige Unternehmen wie die Österreichischen Bundesforste (ÖBf), Schlägerungsunternehmen oder HubschrauberbetreiberInnen sind auch AkteurInnen. Es sind auch Einsatzorganisationen wie Feuerwehr, Polizei, Bergrettung und Bildungs- bzw. Forschungseinrichtungen wie die BOKU, das Bundesforschungszentrum für Wald, die ZAMG, das Umweltbundesamt, Schulen Universitäten sowie die Medien als AkteurInnen tätig. (vgl. BML 2022: 10f)

Aktuelle Informationen zu Waldbränden in Österreich mit Verweis auf ZAMG und EFFIS können auf folgender Seite gefunden werden: <https://www.bmluk.gv.at/themen/wald/wald-und-naturgefahren/waldbrand/netzinfo.html>

3.2.3 Maßnahmen zur Waldbrandprävention in Österreich

Um die Auftrittswahrscheinlichkeit von Waldbränden zu minimieren, ist es entscheidend, die Wirksamkeit von Vorbeugung, Wachsamkeit und ersten Löschmaßnahmen sicherzustellen. Es ist allgemein anerkannt, dass diese drei Faktoren eine wesentliche Rolle dabei spielen, das Risiko und die Wahrscheinlichkeit großer Waldbrände zu reduzieren. Versagt die Brandverhütung, müssen Maßnahmen zur Brandbekämpfung ergriffen werden – jedoch erst, nachdem das Feuer entdeckt wurde. Brandmeldesysteme gelten seit langer Zeit als essenziell, um sowohl die Kosten der Brandbekämpfung als auch die durch Brände verursachten Schäden zu verringern. Neben finanziellen und wirtschaftlichen Investitionen in Personal und Ausrüstung ist es für eine optimierte Brandbekämpfung ebenso wichtig, die betrieblichen Funktionsfaktoren sowie die Effizienz der Detektionssysteme genau zu kennen. (vgl. CATRY et al. 2007)

Obwohl der Sommer mehrere Hitzewellen und außergewöhnlich hohe Temperaturen bis in den September hinein mit sich brachte, führten die Wasserreserven aus dem Frühjahr, das Ausbleiben längerer Trockenperioden und eine sehr feuchte Periode Anfang August zu einer ungewöhnlich geringen Zahl von Waldbränden während des Sommers. Darüber hinaus könnten Medienkampagnen von Behörden und Feuerwehren zu einem vorsichtigeren Verhalten der Waldbesucher geführt haben, wodurch potenzielle Zündquellen reduziert wurden. (vgl. VACIK et al. 2024: 10)

Mittel zur Brandbekämpfung

Es gibt in allen 9 Bundesländern spezielle Einheiten zur Bekämpfung von Waldbränden, wo die Mannschaft eine spezielle Ausbildung hat. (vgl. VACIK et al. 2021: 14) Unterstützt wird dies in Niederösterreich durch einen neuen Sonderdienst der Feuerwehr, der sich der Waldbrandbekämpfung widmet und wegen der immer höheren Zahl an Waldbränden notwendig ist.

Diese Waldbrandbekämpfungs-Einheit gliedert sich als Sonderdienst des NÖ Landesfeuerwehrverbandes in vier Basisgruppen und das Kommando. Die Installation eines Sonderdienstes Waldbrandbekämpfung wurde von LBD Dietmar Fahrafellner vorgeschlagen und vom Landesfeuerwehrrat im Jänner 2020 beschlossen. Seit 2024 ist Oberbrandrat Karl-Heinz Greiner Kommandant dieses Sonderdienstes. (vgl. NÖLFVB 2024a)

3.2.4 Zahlen zu Waldbränden in Österreich

Mit 233 Waldbränden war das Jahr 2020 in Österreich im Vergleich zu den letzten zwanzig Jahren leicht überdurchschnittlich. Die Brandsaison begann früh – mit bereits 20 verzeichneten Waldbränden im Februar liegt dieses Jahr deutlich über dem langjährigen Mittelwert. Besonders im April führte die außergewöhnliche Trockenheit im Frühjahr zu 130 registrierten Waldbränden, was einen neuen Monatsrekord seit Beginn der zentralen Waldbrandaufzeichnung im Jahr 2009 darstellte. Das Wetter wurde jedoch ab Mai spürbar feuchter und unbeständiger. Da längere Trockenperioden, Hitzewellen und anhaltende Dürrephasen ausblieben, kam es in den folgenden Monaten nur zu wenigen Bränden. Zwischen Juni und Dezember wurden in Österreich lediglich 31 Waldbrände, meist

Klein- oder Entstehungsbrände, registriert. Kein einziger Waldbrand wurde im Oktober und Dezember dokumentiert. (vgl. VACIK et al. 2021: 12)

Das Jahr 2022 brachte eine leicht überdurchschnittliche Anzahl von Waldbränden und die größte Waldbrandfläche seit 120 Jahren. 2022 begann in Österreich mit einem trockenen Jänner und einer Ende Februar beginnende langanhaltende Trockenperiode. Bis Ende März fielen landesweit nur wenige Millimeter Niederschlag, zudem war es oft wärmer als im Durchschnitt. Die Folge waren zahlreiche Waldbrände, besonders viele Waldbrände wurden durch die Ausbreitung von heißer Asche verursacht. Eine Sprenggranate auf einem Truppenübungsplatz löste einen außergewöhnlichen Brand aus, der vermutlich der größte zusammenhängende Vegetationsbrand in Österreich seit Ende des 19. Jahrhunderts war. Das Ergebnis: Eine verbrannte Fläche von ca. 800 Hektar, davon ca. 400 Hektar bewaldet. (vgl. VACIK et al. 2023: 10)

Die meisten Waldbrände im Jahr 2022 wurden durch menschliche Aktivitäten verursacht. Bei 82 % war menschlicher Einfluss die wahrscheinlichste Ursache. Fahrlässigkeit (z.B. weggeworfene Zigaretten, heiße Asche, außer Kontrolle geratene Brände) war die Ursache für mehr als 50 % aller Brände. Bei etwa 20 % der Brände wurden Zigaretten als Ursache vermutet, bei etwa 15 % heiße Asche. Brandstiftung wurde bei 10 % aller Waldbrände vermutet. Einige Brände wurden auch durch Stromleitungen oder Funken von Zügen verursacht, oder die genaue menschliche Ursache blieb unbekannt. Die übrigen 18 % der Waldbrände, die nicht von Menschen verursacht wurden, wurden durch Blitzschlag ausgelöst, was in etwa dem langjährigen Durchschnitt entspricht. Die Mehrzahl der natürlich verursachten Brände waren, wie in den letzten Jahren, Entstehungsbrände oder sehr kleine Brände. (vgl. VACIK et al. 2023: 10)

Jährlich gibt es in Österreich durchschnittlich rund 200 Waldbrände, wovon 85% direkt oder indirekt anthropogen verursacht werden. Hauptursachen sind schlecht ausgedrückte Zigaretten, 10 % Brandstiftung, Funkenflug durch Züge oder bei Arbeiten im Freien oder außer Kontrolle geratene (Lager)Feuer. (vgl. MÜLLER 2024, vgl. NRM-JOURNAL 2023: 8) Durch die vermehrte Freizeitnutzung der Wälder steigt die Wahrscheinlichkeit für Waldbrände, da sich mehr Menschen in den Wäldern aufhalten. Nadelholzdominierte Wälder auf Südhängen sind besonders gefährdet, da Nadelhölzer ätherische Öle und Harz enthalten, die brandbeschleunigend wirken. (vgl. NRM-JOURNAL 2023: 8)

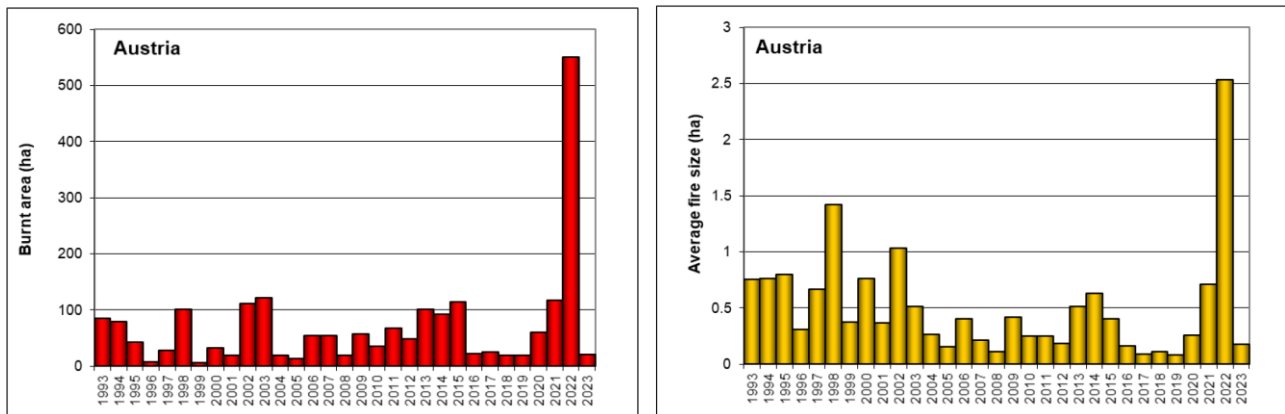


Abbildung 6: Verbrannte Flächen in ha und durchschnittliche Feuergröße in ha seit 1993 (VACIK et al. 2024: 10)

Das Jahr 2023 war neben 2018 das wärmste Jahr in der aufgezeichneten Geschichte Österreichs. Es war aber auch das nasseste Jahr seit über fünf Jahrzehnten. Diese Kombination von ungewöhnlichen Wettermustern beeinflusste das Auftreten von Waldbränden erheblich und führte zu nur 119 dokumentierten Vorfällen - der niedrigsten Zahl seit 2005. Mehrere Faktoren dürften zu der ungewöhnlich niedrigen Zahl von Waldbränden in diesem Jahr beigetragen haben. Erstens haben die beiden sehr nassen und kühlen Monate April und Mai die Frühjahrsbrandsaison effektiv verhindert. Zweitens führten die Wasserreserven aus dem Frühjahr, das Ausbleiben längerer Trockenperioden und eine sehr regenreiche Phase Anfang August dazu, dass es auch im Sommer zu einer ungewöhnlich geringen Zahl von Waldbränden kam. Zudem dürften Medienkampagnen der Behörden und Feuerwehren zu einem vorsichtigeren Verhalten der Waldbesucher geführt und so potenzielle Zündquellen verringert haben. (vgl. VACIK et al. 2024: 10)

Nachdem ein Überblick über den GIS-Einsatz bei Waldbränden international und national gegeben und die Situation in Österreich beleuchtet wurde, stellt sich nun die Frage, wie die Waldbrandgefahr gemessen bzw. vergleichbar gemacht werden kann. Die Antwort wird im nächsten Kapitel gegeben: Über Waldbrandindizes.

4 Waldbrandindizes

Zur Bewertung der Brandgefahr gibt es viele Indizes. Dazu gehören unter anderem der Fire Weather Index, der Italian Fire Danger Index, Behave, der Portugiesische Index, sowie die Spanische ICONA-Methode. (vgl. SAN MIGUEL et al. 2003: 7, 10f)

In diesem Kapitel werden die drei Waldbrandindizes FWI, ZAMG Waldbrandindex und der ZAMG Dürreindex beschrieben und anschließend gegenübergestellt. Diese drei Indizes wurden gewählt, da sie Daten für das Untersuchungsgebiet im südlichen Niederösterreich liefern. Darüber hinaus liefern sie Erkenntnisse zur Zusammensetzung von Waldbrandindizes und bilden eine theoretische Grundlage für die Entwicklung eines eigenen Waldbrandindex.

4.1 FWI – Fire Weather Index

EFFIS hat 2007 das kanadische Fire-Weather-Index-System (kurz den FWI) als Methode zur europaweit harmonisierten Bewertung der Brandgefahr übernommen. (vgl. EFFIS 2025)

Der **dimensionslose** Feuer-Wetter-Index ist ein **meteorologisch** basierter Index, der weltweit zur Einschätzung der Feuergefahr verwendet wird. Er wurde von der kanadischen Forstbehörde entwickelt, um die Bedingungen für die Entzündung und Ausbreitung von Waldbränden auf der Grundlage verschiedener **Wettervariablen** (Temperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit) abzuschätzen. (vgl. CLIMATE ADAPT 2025a)

Der FWI ist für die Forstwirtschaft, die lokale Planung und das Katastrophenrisikomanagement von Bedeutung. Ein höherer Indexwert weist auf bessere Wetterbedingungen für Waldbrände und damit auf ein höheres Risiko hin. (vgl. CLIMATE ADAPT 2025a, 04.03.2025)

In folgender Abbildung ist der FWI für Österreich zu sehen, der auch unter <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/fire-weather-index> aufgerufen werden kann. Hier ist es möglich, zwischen NUTS 0, 1 und 2 zu wählen und den FWI für ein beliebiges Gebiet auszuwählen.

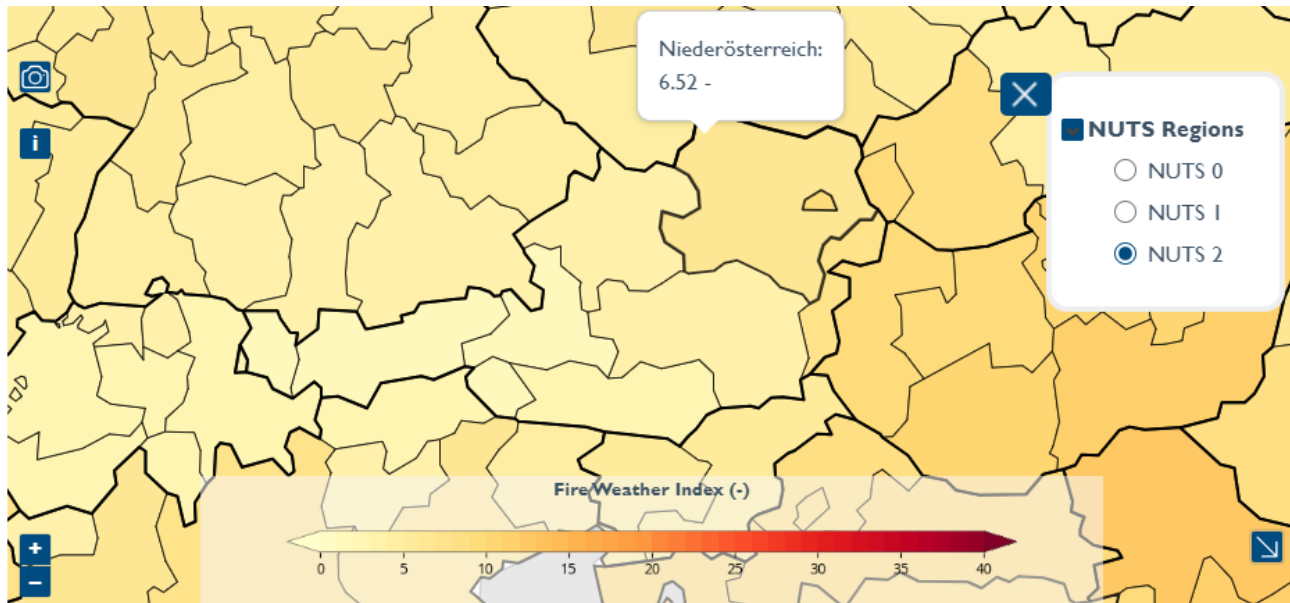


Abbildung 7: FWI für Niederösterreich (CLIMATE ADAPT 2025a)

4.1.1 Zusammensetzung des FWI

Das kanadische Feuerwetterindex-System (FWI) besteht aus sechs Komponenten, die die Auswirkungen der Brennstofffeuchtigkeit und der Wetterbedingungen auf das Brandverhalten berücksichtigen.

Die ersten drei Komponenten sind Brennstofffeuchtigkeits-Codes, numerische Bewertungen des Feuchtigkeitsgehalts des Waldbodens und anderer abgestorbener organischer Substanzen. Ihre Werte steigen, wenn der Feuchtigkeitsgehalt abnimmt. Für jede der drei Brennstoffschichten gibt es einen eigenen **Feuchtigkeits-Code**: Streu und andere feine Brennstoffe, locker verdichtete organische Schichten mittlerer Tiefe und tiefe, kompakte organische Schichten. Die verbleibenden drei Komponenten sind Indizes für das Brandverhalten, die die **Ausbreitungsgeschwindigkeit** des Feuers, den für die Verbrennung **verfügbaren Brennstoff** und die **Intensität der Feuerfront** darstellen; diese drei Werte steigen mit zunehmender Brandgefahr. (vgl. NATURAL RESOURCES CANADA 2025, 28.01.2025)

Das nachstehende Diagramm veranschaulicht die Komponenten des FWI-Systems. Die Berechnung der Komponenten basiert auf aufeinanderfolgenden täglichen Beobachtungen von Temperatur, relativer Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und 24-Stunden-Niederschlag. Die sechs Standardkomponenten liefern numerische Bewertungen des relativen Potenzials für Waldbrände. (vgl. NATURAL RESOURCES CANADA 2025)

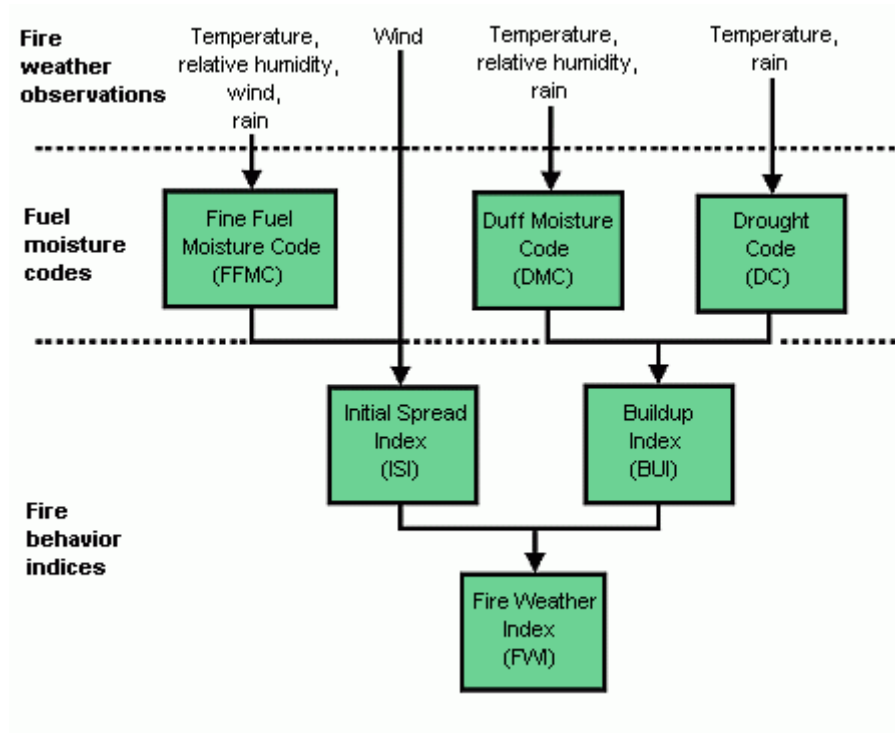


Abbildung 8: Komponenten des FWI (vgl. NATURAL RESOURCES CANADA 2025)

Im oberen Bereich sind die Faktoren Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Wind und Regen, die für Brandwetterbeobachtungen ausschlaggebend sind, zu sehen. Im mittleren Bereich sind drei Codes für die Brennstofffeuchte zu sehen und im unteren Bereich Indizes für das Brandverhalten.

4.1.2 Gefahrenklassen des FWI

Der FWI kann in sechs Gefahrenklassen eingeteilt werden, die auf der Klassifizierung des Europäischen Waldbrandinformationssystems (EFFIS) basieren.

Gefahrenklasse	FWI-Wert	Gefahrenklasse	FWI-Wert
Sehr geringe Gefahr	< 5,2	Hohe Gefahr	21,3 - 38,0
Geringe Gefahr	5,2 - 11,2	Sehr hohe Gefahr	38,0 - 50
Mäßige Gefahr	11,2 - 21,3	Extreme Gefahr	> 50

Tabelle 1: Die 6 Gefahrenklassen des FWI (vgl. CLIMATE ADAPT 2025b)

Auch in EFFIS kann der FWI abgerufen werden und die einzelnen Komponenten wie Duff Moisture Code (DMC), Drought Code (DC), Build Up Index (BUI), Fine Fuel Moisture Code (FFMC) oder Initial

Spread Index (ISI) als Graphik und Tabelle mit den einzelnen Werten pro Standort angezeigt werden. In untenstehender Abbildung ist ein Beispiel von Schwarzaau im Gebirge in Niederösterreich im Zeitraum von 07.03.-18.03.2025 zu sehen:

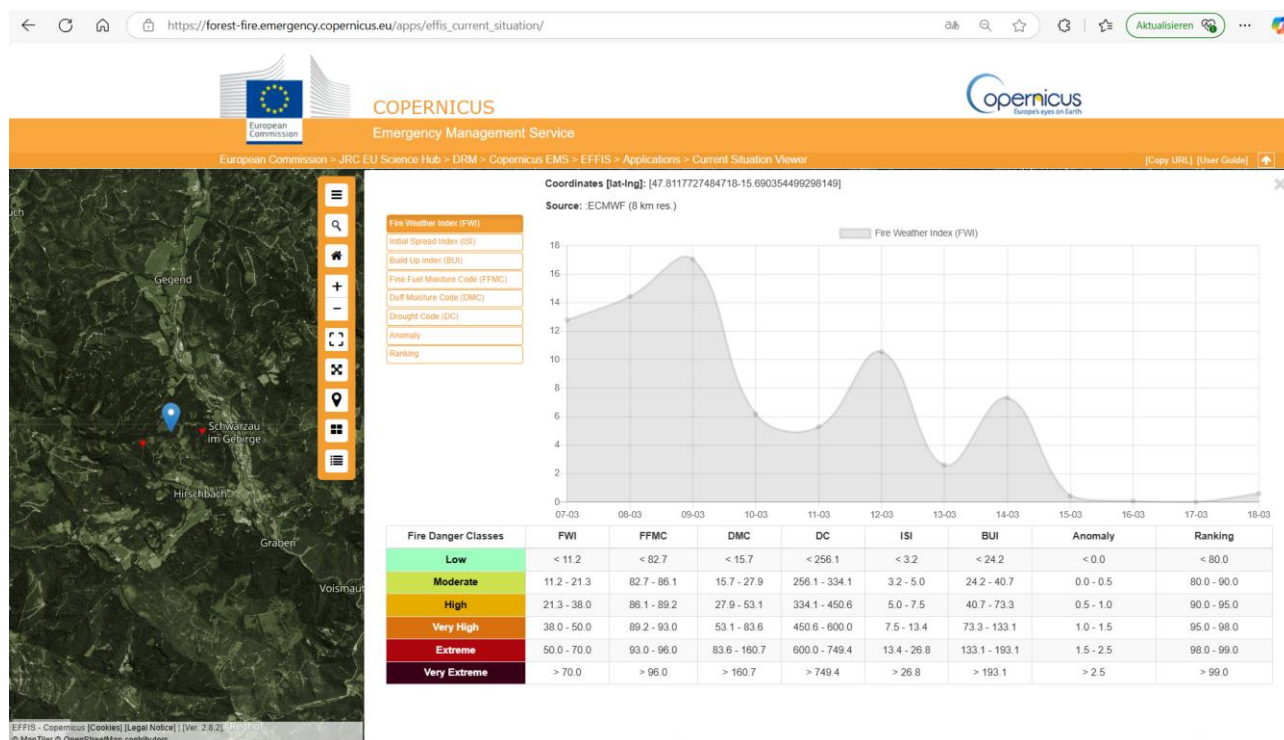


Abbildung 9: FWI in Schwarzaau im Gebirge, 07.-18.03.2025 (EFFIS 2025, eigene Darstellung)

Es ist möglich, jeden beliebigen Standort auszuwählen und sich die Prognose für den FWI bzw. die einzelnen Komponenten des FWI anzeigen zu lassen. Zur Handhabung kann angemerkt werden, dass es zu einer ca. 2-minütigen Wartezeit kommen kann, bevor die Grafik und die Diagramme geladen und angezeigt werden. (vgl. EFFIS 2025)

4.1.3 Datenquellen des FWI

Die Daten wurden im Auftrag des Copernicus Climate Change Service (C3S) auf der Grundlage von Reanalysedaten zusammengestellt, die im C3S Climate Data Store (CDS) gehostet werden. Die beobachteten Indexdaten stammen aus einem Datensatz, der auf der ERA5-Reanalyse basiert und nahezu in Echtzeit aktualisiert wird. Er wird vom Copernicus Emergency Management Service (CEMS) für das Global ECMWF Fire Forecasting Model (GEFF) und das European Forest Fire Information System (EFFIS) erstellt. Die simulierten Indexdaten stammen aus einer Reihe von 5 Multimodell-

Simulationen des EURO-CORDEX-Experiments. Diese Simulationen haben eine tägliche zeitliche Auflösung und eine räumliche Auflösung von $0,1^\circ \times 0,1^\circ$. (vgl. CLIMATE ADAPT 2025a)

4.2 ZAMG-Waldbrandindex

Der hier beschriebene Waldbrandindex ist seit April 2025 nicht mehr aufrufbar, da die ZAMG-Webseiteninhalte zur Geosphere migriert werden. Auch, weil dieser Index unter bestimmten Wetterbedingungen erhebliche Mängel aufwies, wurde er nicht auf der neuen Website der Geosphere übernommen. Aktuell wird er überarbeitet und sobald er sich in der Praxis bewährt hat, wird er wieder zur Verfügung stehen. (vgl. CSEKITS 2025)

4.2.1 Zusammensetzung

Der von der **ZAMG** verwendete Waldbrandindex basierte auf meteorologischen Faktoren wie **Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Niederschlagsmenge**. Er lieferte somit eine ausschließlich meteorologische Einschätzung der Waldbrandgefahr. Andere entscheidende Einflussfaktoren, darunter **der Anteil an Totholz, die Vegetationsart oder menschliche Einflüsse**, blieben dabei **unberücksichtigt**. Die kumulative Waldbrandgefahr wurde ebenfalls angegeben. Das bedeutet, dass die Gefährdungsklasse nicht nur die Wahrscheinlichkeit der Brandentstehung widerspiegelte, sondern auch das Ausmaß der möglichen Brandausbreitung und Brandintensität. Während die Feuchtigkeit des Bodens hauptsächlich die Brandentstehung beeinflusst, hängen die Brandausbreitung und -intensität maßgeblich von den Windverhältnissen ab. Je höher die Waldbrandgefahr, desto leichter kann ein Feuer ausbrechen, desto schneller breitet es sich aus und desto wahrscheinlicher sind Vollbrände oder Kronenfeuer. (vgl. ZAMG WBI 2024, vgl. BML 2022)

Die Vorhersagen wurden einmal **täglich aktualisiert**. Eine eindeutige Trennung zwischen dem Risiko der Brandentstehung, der Ausbreitungsgeschwindigkeit und der Feuerintensität wäre nur mit einem integrierten Waldbrandgefahrenmodell möglich, das alle relevanten Faktoren wie Meteorologie, Topografie, Vegetation, Phänologie und menschliche Einflüsse berücksichtigt. Ein solches Modell steht an der ZAMG derzeit jedoch nicht zur Verfügung. Daher ist zu beachten, dass die Gefährdstufen und deren erwartete Auswirkungen lediglich als **Annäherungswerte** zu verstehen sind. So kann es beispielsweise im Frühjahr bei Föhnlagen zu einer schnellen Feuerausbreitung kommen, während gleichzeitig die Brandintensität gering bleibt. In solchen Fällen brennt meist nur die

Streuschicht aus Laub und Altgras, während die eigentliche Vegetation noch nicht ausgetrocknet ist, sodass kein Kronenfeuer entsteht. Dieser Index weist jedoch in der kühleren Jahreszeit Schwächen auf, da die Lufttemperatur als primärer Einflussfaktor nicht so hoch ist und deshalb keine große Rolle spielt. (vgl. ZAMG WBI 2024)

4.2.2 Gefährdungsstufen

An der ZAMG gab es vier **Gefährdungsstufen**, die von 1 bis 4 reichten, wobei 4 die höchste Gefahr kennzeichnete. Die folgende Übersicht fasst die verschiedenen Definitionen der Waldbrand-Gefährdungsklassen in einer vierteiligen Skala zusammen:

Gefährdungsstufe	Brandentstehung	Brandgeschehen	Brandverhalten
1 – gering (grün)	Schwer entzündlich, geringe Wahrscheinlichkeit der Brandauslöse	Vereinzelt Entstehungs- oder Kleinbrände	Sehr niedrige Ausbreitungsgeschwindigkeit, kein Funkenflug, keine Sekundärbrände
2 – erhöht (gelb)	Brand kann durch einzelne Flamme entfacht werden	Vermehrt Kleinbrände, vereinzelt Großbrände	Mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit, mäßiger Funkenflug, kaum Sekundärbrände
3 – hoch (orange)	Brand wird mit Sicherheit durch einzelne Flamme entfacht	Zahlreiche Kleinbrände, vermehrt Großbrände	Hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit, starker Funkenflug, Sekundärbrände einige Dutzend Meter vor Feuerfront
4 – extrem (rot)	Waldbrand kann durch einen einzelnen Funken entfacht werden	Zahlreiche Großbrände	Sehr hohe Ausbreitungsgeschwindigkeit, massiver Funkenflug, Sekundärbrände einige Hundert Meter vor Feuerfront

Tabelle 2: Gefährdungsstufen WBI (eigene Darstellung, vgl. ZAMG WBI 2024)

In folgender Abbildung ist der Waldbrandindex für Niederösterreich am 02.03.2025 zu sehen:

Information zur Waldbrandgefahr

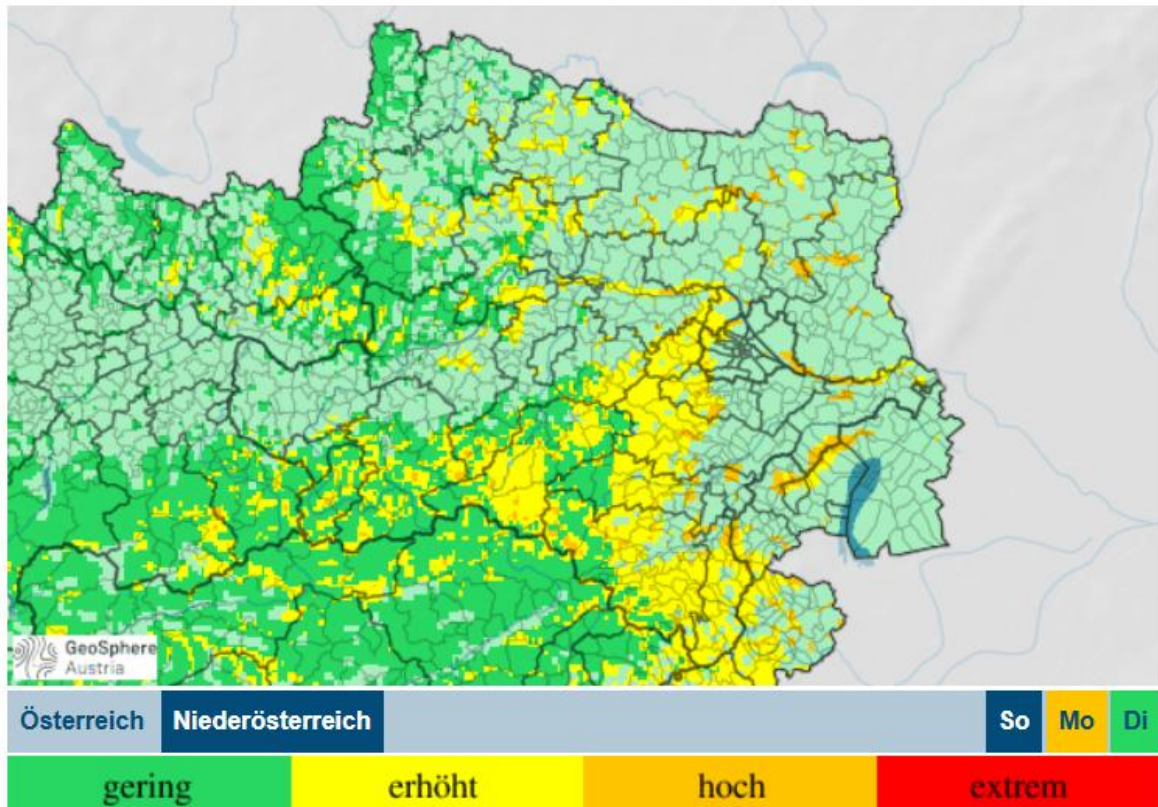


Abbildung 10: Waldbrandindex von Niederösterreich am 02.03.2025 (vgl. ZAMG WBI 2024)

Hellgrün markierte Gebiete stellten versiegelte Flächen, Wasserflächen, Regionen mit nur geringem Waldbestand sowie Höhenlagen über 2000 Meter dar.

4.3 ZAMG-Dürreindex

Im Gegensatz zum Waldbrandindex stellt der **Index der klimatischen Wasserbilanz (IWB)**, ebenfalls von der ZAMG entwickelt, die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung dar. Basierend auf täglichen Temperatur- und Niederschlagsfeldern aus dem SPARTACUS-Datensatz wird die klimatische Wasserbilanz berechnet. Anschließend erfolgt eine Transformation in standardisierte Indexwerte, um Abweichungen vom langjährigen Mittel zu identifizieren: negative Werte deuten auf trockene, positive auf feuchte Bedingungen hin. Der IWB eignet sich besonders für das Dürremonitoring und findet Anwendung in Bereichen wie Land- und Forstwirtschaft, Wasser- sowie Energiewirtschaft. (vgl. ZAMG DÜRREINDEX 2024b)

Der Dürreindex bzw. der Index der klimatischen Wasserbilanz kann über <https://www.zamg.ac.at/incaanalyse/#> aufgerufen werden. In folgender Abbildung ist der Index der klimatischen Wasserbilanz von Februar 2025 zu sehen. Mit einem Klick ist es möglich, an jedem beliebigen Punkt den Indexwert abzufragen.

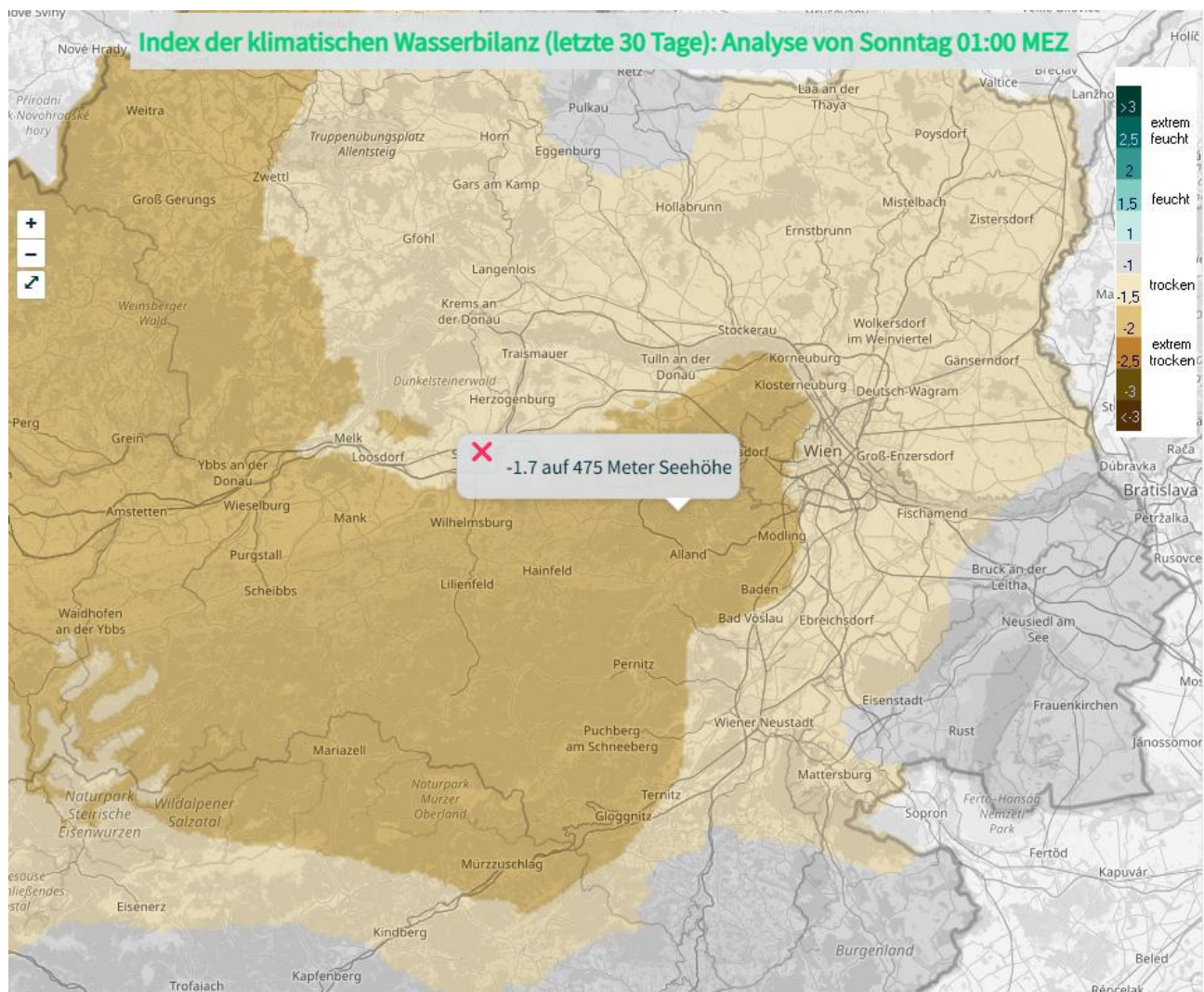


Abbildung 11: Index der klimatischen Wasserbilanz Februar 2025 (ZAMG DÜRREINDEX 2024)

Es lässt sich erkennen, dass die meisten Werte zwischen -3 und 3 liegen. Negative Werte deuten auf Trockenheit hin, positive Werte auf Feuchtigkeit. Mehr Details können in der Gegenüberstellung gefunden werden. (vgl. ZAMG DÜRREINDEX 2024b)

4.4 Gegenüberstellung FWI – ZAMG WBI – ZAMG Dürreindex

Der **Fire Weather Index (FWI)** ist ein meteorologisch basierter Index, der weltweit zur Einschätzung der Waldbrandgefahr verwendet wird. Er wurde vom Canadian Forestry Service entwickelt und basiert auf mehreren Wettervariablen: Temperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit. Ein höherer FWI-Wert weist auf günstigere Wetterbedingungen für Waldbrände und somit auf ein höheres Risiko hin. (vgl. CLIMATE ADAPT 2025a)

Der **Index der klimatischen Wasserbilanz (IWB)**, bereitgestellt von WINFORE, ist ein standardisierter Index, der die Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung darstellt. Er berücksichtigt sowohl Niederschlagsdefizite als auch Feuchteverluste durch Verdunstung und bietet somit eine fundierte Basis für das Dürremonitoring. Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich in den Bereichen der Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft und Energiewirtschaft. (vgl. ZAMG DÜRREINDEX 2024b)

Der **Waldbrandindex** der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) basiert auf den meteorologischen Größen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit sowie Niederschlagsmenge. Er stellt somit eine rein meteorologische Abschätzung der Waldbrandgefahr dar. Andere wesentliche Einflussfaktoren wie die Art der Vegetation, der Anteil an Totholz oder menschliche Einflüsse werden dabei nicht berücksichtigt. (vgl. ZAMG WBI 2024)

In folgender Tabelle werden der Fire Weather Index, der Index der Klimatischen Wasserbilanz sowie der ZAMG-Waldbrandindex zusammengefasst und gegenübergestellt. Die Inhalte wurden aus den oben genannten Quellen und den Quellen aus den vorherigen Kapiteln zusammengetragen:

	FWI	Dürreindex bzw. IWB	WBI der ZAMG
Grundlage	Meteorologische Variablen: Temperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit	Differenz zwischen Niederschlag und potenzieller Verdunstung	Meteorologische Variablen: Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Niederschlagsmenge
Ziel	Einschätzung der Waldbrandgefahr	Dürremonitoring; Anwendung in Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Energiewirtschaft	Meteorologische Abschätzung der Waldbrandgefahr
Räumliche Auflösung	0,1° x 0,1°	1 Kilometer	vermutlich 1 Kilometer

	FWI	Dürreindex bzw. IWB	WBI der ZAMG
Zeitliche Auflösung	Täglich	Täglich	Täglich
Berücksichtigte Faktoren	Meteorologische Variablen: Temperatur, Niederschlag, relative Luftfeuchtigkeit und Windgeschwindigkeit	Niederschlag und potenzielle Verdunstung	Meteorologische Variablen: Lufttemperatur, Niederschlagsmenge, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit
Nicht berücksichtigte Faktoren	keine (direkte) Berücksichtigung von Vegetationstyp, Totholzanteil oder menschlichen Einflüssen		
Anwendungsbereich	Weltweit; ursprünglich in Kanada entwickelt	Österreich	Österreich
Besonderheiten	Höhere Werte deuten auf ein höheres Waldbrandrisiko hin	Negative Werte kennzeichnen trockene und positive Werte feuchte Bedingungen; je größer die Abweichung von Null, desto extremer ist der Trocken-/Feuchtezustand	Rein meteorologische Abschätzung ohne Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren

Tabelle 3: Gegenüberstellung FWI, IWB und WBI (eigene Darstellung)

Zusammenfassend dienen sowohl der FWI als auch der Waldbrandindex der ZAMG der Einschätzung der Waldbrandgefahr auf Basis meteorologischer Daten wie **Temperatur**, **Niederschlag**, **Luftfeuchtigkeit** und **Windgeschwindigkeit**, während der IWB primär für das Dürremonitoring entwickelt wurde und dabei ebenfalls meteorologische Variablen berücksichtigt. Alle drei Indizes sind öffentlich zugänglich, jedoch integriert keiner dieser Indizes Faktoren wie Vegetationstyp, Totholzanteil oder menschliche Einflüsse in ihre Berechnungen.

Die hier gegenübergestellten Waldbrandindizes dienen als theoretische Grundlage für das erstellte Tool. Die oben genannten Wetterparameter werden bei der Umsetzung des Tools eine wichtige Rolle spielen, wenn der eigene Waldbrandindex GRU-WBI im ersten Teil des Tools entwickelt wird. Für den zweiten Teil des Tools spielt der Waldfachplan eine entscheidende Rolle. Dieser wird im folgenden Kapitel vorgestellt.

5 Waldfachplan

In diesem Kapitel wird das Projekt des Waldfachplans genau beschrieben. Die feuerwehrspezifischen Daten dieses Waldfachplans, die für Waldbrandeinsätze relevant sind, fließen in das erstellte Tool ein. Zuerst wird der Waldbrand in Hirschwang 2021 als Auslöser für das Projekt beschrieben. In den anschließenden Unterkapiteln folgen Allgemeines zum Waldfachplan, danach wird das Projektgebiet beleuchtet, die Auftraggeber und Mitwirkende thematisiert und die Karteninhalte auszugsweise genannt. Außerdem wird der Ablauf des Projekts beschrieben und ein Auszug aus dem Kriterienkatalog vorgestellt.

5.1 Auslöser: Waldbrand in Hirschwang 2021

Die Aktualität des Themas Waldbrand zeigt sich eindrucksvoll am Beispiel des Brandes in Hirschwang an der Rax Ende Oktober 2021, der auch der **Auslöser für das Projekt des Waldfachplanes** war. In diesem Kapitel wird dieser Waldbrand, der als einer der größten Waldbrände Österreichs überhaupt gilt, näher beleuchtet.

In Hirschwang an der Rax im südlichen Niederösterreich begann am 25. Oktober 2021 um die Mittagszeit am so genannten „Mittagsteig“ in felsigem und steilem Gelände ein Kleinbrand. Um den Brand, der auf 115 Hektar wütete, unter Kontrolle zu bringen und schlussendlich löschen zu können, standen insgesamt 7753 Feuerwehrmitglieder im Dauereinsatz. Es war bereits am ersten Tag abzu-sehen, dass wegen des steil abfallenden und felsigen Geländes eine umfassende und wirkungsvolle Brandbekämpfung mit Fußtruppen alleine fast nicht umsetzbar sein wird. Aus diesem Grund entschied sich die Einsatzleitung unter Josef Huber, dem Bezirksfeuerwehrkommandanten, gleich zu Einsatzbeginn, Löschhubschrauber des Bundesheeres und der Polizei zu alarmieren:

„Um 12.07 Uhr erreichte der erste Erkundungshubschrauber der Polizei das Einsatzgebiet in Hirschwang, um 13.02 Uhr kam es zum ersten Wasserabwurf. Zwei EC135 der Flugpolizei sowie ein Blackhawk des Bundesheeres flogen bis zum Einbruch der Dunkelheit eine Vielzahl an Turns, dabei unterstützt vom Sonderdienst Flugdienst des NÖ Landesfeuerwehrverbandes. Schon am ersten Einsatztag kämpften 522 FF-Mitglieder von 49 Feuerwehren aus dem Bezirk Neunkirchen

gegen das Flammenmeer. Da sich die riesigen Waldflächen im Bereich Hirschwang zur Gänze im Eigentum der Gemeinde Wien befinden, bot auch die Forstdirektion Wien ihre sofortige Hilfe bei der Brandbekämpfung an. Der Wiener Forstdirektor Andreas Januskovecz und der Leiter der Forstverwaltung, Peter Lepkowitz, standen der Einsatzleitung rund um die Uhr mit wichtigen Tipps und Informationen zur Verfügung.“ (NÖLFVB 2021)

Im Einsatz standen auch Hubschrauber – unter anderem vom Sonderdienst Flugdienst der Flugdienstbasisgruppe Süd in Wiener Neustadt. Der bereits erwähnte neue Sonderdienst für Waldbrandbekämpfung war mit dem Zug Süd an vier Tagen beteiligt und leistete mit 32 speziell geschulten Mitgliedern insgesamt 354 Einsatzstunden. Ihre sehr anspruchsvolle Aufgabe bestand darin, direkt im steilen und schwer zugänglichen Gelände die Glutnester zu löschen. Unterstützt und abgesichert wurden die Feuerwehkräfte dabei von der Bergrettung. (vgl. FIREWORLD 2021a)

Um ein weiteres Ausbreiten des Feuers zu verhindern, wurde versucht, mit Waldschneisen den Brand unter Kontrolle zu bringen. Um das zu erreichen, wurden 15 Meter breite Streifen von Bäumen gefällt. Dieses Anlegen von Waldschneisen ist in einem Steilgelände wie Hirschwang mit Risiken verbunden, da eine vertikale Schneise mittelfristig zu Erosionen führen oder auch die Entwicklung von Steinschlagereignissen begünstigen kann. Außerdem lassen sich Bodenfeuer nicht durch das Fällen von Bäumen stoppen. Allerdings konnte durch die Schneisen die Brandbekämpfung für die Einsatzkräfte erleichtert werden. (vgl. NÖLFVB 2021, vgl. MÜLLER 2021)

In den ersten Tagen war die Situation äußerst kritisch und angespannt. Zwar konnte eine weitere Ausbreitung des Feuers verhindert werden, doch laut Landeshauptfrau-Stellvertreter Stephan Pernkopf war der Brand noch lange nicht unter Kontrolle. Landesfeuerwehrkommandant Dietmar Fahrenberger betonte, dass es oberste Priorität habe, das Feuer einzudämmen. Besonders gefährlich war die Lage, da in den folgenden Stunden eine deutliche **Wetteränderung** drohte. Daher wurde versucht, ein Übergreifen der Flammen auf andere Gebiete zu verhindern. Der Einsatz gestaltete sich sehr riskant, da es immer wieder zu Felsstürzen kam. Aus diesem Grund war auch ein medizinischer Dienst mit Notarzt vor Ort. Ein Überspringen des Brandes über das Höllental in Richtung Rax musste unbedingt verhindert werden, da die Gefahr bestand, dass sich das Feuer von der Schneeberg-Seite auf die Rax-Seite ausbreitet. Zu Beginn waren rund 300 Feuerwehrlleute aus 23 Feuerwehren im Einsatz. (vgl. FIREWORLD 2021b)

Die Europäische Union leistete beim Waldbrand in Hirschwang rasch Soforthilfe. Am 29. Oktober 2021 aktivierte Österreich das EU-Katastrophenschutzverfahren (UCPM) und ersuchte um Unterstützung bei der Bekämpfung des Feuers in Niederösterreich. Daraufhin mobilisierte das EU-Koordinationszentrum für Notfallmaßnahmen zwei in Italien stationierte Löschflugzeuge des Typs Canadair CL-415. Diese Maschinen, die Teil der Übergangsflotte von rescEU sind, wurden anschließend in Österreich eingesetzt. Zusätzlich boten Deutschland und die Slowakei über das UCPM Löschhubschrauber an, deren Hilfe ebenfalls angenommen wurde. Zur weiteren Unterstützung wurde auch der Copernicus-Dienst aktiviert, der Satellitenkarten zur Lageeinschätzung bereitstellte. Die entsprechenden Kartierungsprodukte sind unter <https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR549> abrufbar. (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2025b)

Es erschienen zahlreiche Zeitungsberichte zu diesem Waldbrand. Auch im EFFIS-System ist eine Karte des betroffenen Gebietes zu finden, die im Kapitel 3.1.2 EFFIS – European Forest Fire Information System in Abbildung 2 dargestellt ist. In der Firenews-Viewer-Übersicht von EFFIS findet sich zudem eine Zusammenstellung verschiedener Berichte und Quellen zum Waldbrand, wie in der folgenden Abbildung zu sehen ist.

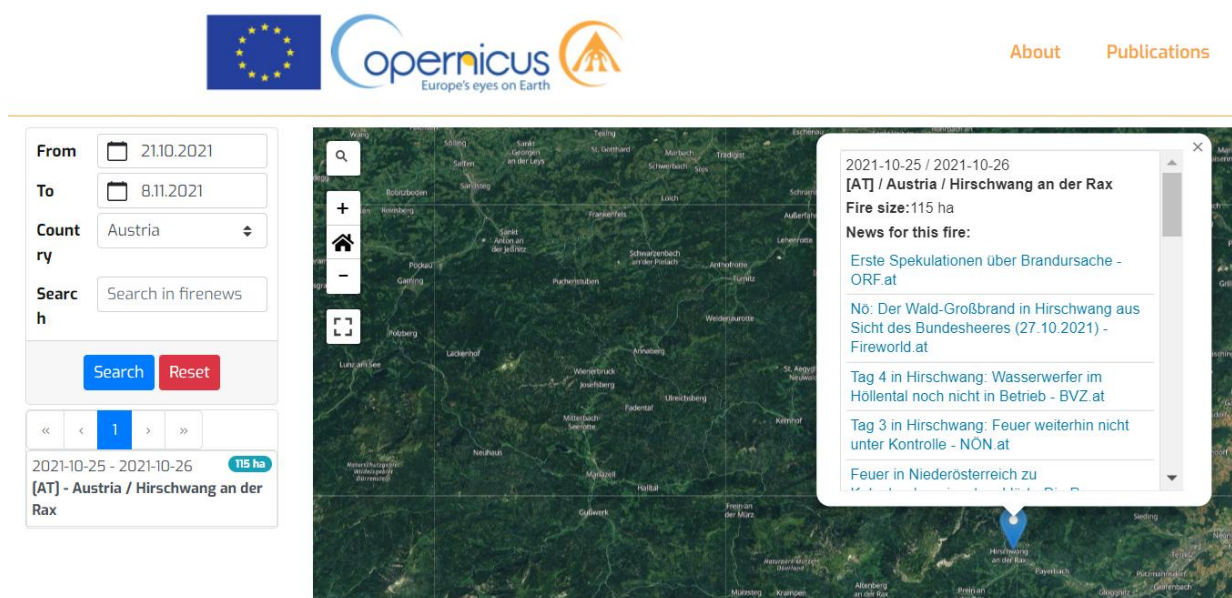


Abbildung 12: Waldbrand Hirschwang Firenews-Viewer EFFIS (GRUNDTNER 2022, eigene Darstellung)

Das EU-Katastrophenschutzverfahren fördert die Zusammenarbeit zwischen den Mitgliedstaaten und den teilnehmenden Ländern im Bereich des Katastrophenschutzes, um bei Katastrophen Bereitschaft, Prävention und Reaktionsfähigkeit zu verbessern. Dabei übernimmt die Europäische Kommission eine zentrale Rolle bei der Koordinierung von Hilfsmaßnahmen innerhalb Europas und darüber hinaus. Wenn das Ausmaß einer Katastrophe die nationalen Möglichkeiten übersteigt, kann

das betroffene Land über dieses Verfahren Unterstützung anfordern. Nach der Aktivierung des Mechanismus wird die von den teilnehmenden Staaten angebotene Hilfe koordiniert. Um über eine kritische Anzahl von sofort verfügbaren Katastrophenschutzkapazitäten zu verfügen, die eine kohärente und stärkere gemeinsame Reaktion ermöglichen, hat die EU zusätzlich den Europäischen Katastrophenschutzpool eingerichtet. Wenn der Notfall zusätzliche, lebensrettende Hilfe erfordern sollte, kann die rescEU-Reserve im äußersten Fall aktiviert werden. An diesem Mechanismus beteiligen sich derzeit alle EU-Mitgliedstaaten sowie Norwegen, Nordmazedonien, Serbien, Island, Montenegro und die Türkei. Seit seiner Einführung im Jahr 2001 hat der Mechanismus bereits auf mehr als 500 Hilfsersuchen innerhalb und außerhalb der Europäischen Union reagiert. (vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION 2025b)

Es standen 33 Katastrophenhilfsdienst-Züge, 1355 Einsatzfahrzeuge, 337 Mitglieder des NÖ Landesfeuerwehrverbandes, 394 Mitglieder des Sonderdienstes Waldbrand des NÖLFV und viele mehr im Einsatz. Darüber hinaus wurden ca. 2600 Kilogramm Wurst und Fleisch sowie 23500 Semmeln verzehrt und ungefähr 5 Millionen Liter Wasser aus der Luft abgeworfen. Nachdem am 6. November 2021 **Brandaus** gegeben werden konnte, waren noch immer Nachlöscharbeiten notwendig. (vgl. NÖLFVB 2021)

5.2 Allgemeines zum Waldfachplan

Im Süden Niederösterreichs treffen trockene Schwarzföhrenwälder auf dichte Infrastruktur und stark frequentierte Naherholungsgebiete – eine Kombination, die das Risiko von Waldbränden erheblich erhöht. Um im Ernstfall rasch und koordiniert eingreifen zu können, wurde für die Bezirke Baden, Mödling, Neunkirchen, Wiener Neustadt und Wiener Neustadt-Land ein **umfassender Einsatzplan zur Waldbrandbekämpfung** entwickelt. **Waldbrand-Hotspots** und eine enge Nähe zur Infrastruktur sind besonders herausfordernd. Besondere Aufmerksamkeit erfordern zwei hochkritische Gebiete: das munitionsbelastete Areal in St. Egyden am Steinfeld sowie der Truppenübungsplatz Großmittel. Die unmittelbare Nachbarschaft von Waldflächen und Wohngebieten verschärft die Gefahrenlage zusätzlich und macht eine präzise Einsatzplanung unverzichtbar. Ein zentraler Bestandteil der Vorbereitung ist ein digitaler, **einheitlicher Einsatzplan**, der den EinsatzleiterInnen als verlässliche Lagekarte dient. Er verkürzt die kritische Chaosphase zu Beginn eines Einsatzes und

fördert die reibungslose Zusammenarbeit aller beteiligten Organisationen – von Feuerwehr über Rettungsdienst bis hin zur Polizei. Das **Ziel** ist somit ein **professioneller Einsatzplan für alle Einsatzorganisationen**, der sogenannte Waldfachplan. (vgl. MOBILEGIS 2025)

Das Projekt des **Waldfachplanes** stellt eine strategische und operative Einsatzplanung zur Brandbekämpfung im Waldbrand-Risikogebiet südöstliches Niederösterreich dar. Der Waldfachplan ist eine Karte für den **Dienstgebrauch**, die für alle Blaulichtorganisationen nutzbar sein soll und wurde von den Einsatzorganisationen für die Einsatzorganisationen erstellt. Konkret bedeutet das, dass alle Feuerwehren im Projektgebiet an der Erstellung dieser Karte mitwirkten und diese Karte dann allen Feuerwehren zur Verfügung gestellt wurde. Die verwendete Open-Source-Software war **Mergin Maps**. Alle Feuerwehren arbeiteten in derselben Karte und trugen einsatzrelevante Verkehrswege, Umkehrplätze, allgemeine Infrastruktur, Wasserentnahmestellen wie Hydranten oder Löschteiche in ihrem Einsatzgebiet ein. Somit wurde im gesamten Projektgebiet sichergestellt, dass überall dieselben Symbole und Bezeichnungen für dieselben Dinge verwendet wurden, was später eine einheitliche Verwendung im gesamten Gebiet ermöglicht. (vgl. MAYERHOFER 2022)

In Zusammenarbeit mit dem **Forsttechnischen Büro DI Mayerhofer** gestaltete mobileGIS die digitale Grundlage dieses Einsatzplans. Ihr Fokus lag auf der Entwicklung einer interaktiven Arbeitskarte, mit der mehr als 300 Feuerwehrmitglieder wichtige Informationen direkt vor Ort – auch offline – erfassen konnten. Dazu zählten unter anderem:

- Wasserentnahmestellen
- Umkehrmöglichkeiten und Hindernisse
- Wegbefahrbarkeit
- Bereitstellungs- und Lotsenpunkte

Die digitale Karte basierte auf dem Digitalen Landschaftsmodell (DLM) des BEV und wurde kontinuierlich um projektspezifische Daten erweitert. Das Ergebnis waren einheitliche Karten für die **analoge und digitale Nutzung**. Die fertigen Karten wurden nicht nur digital für bestehende Einsatzleitsysteme (ELKOS) aufbereitet, sondern auch als analoge Sätze an Einsatzorganisationen wie die Feuerwehr übergeben. Dadurch war es für die Einsatzkräfte im Feld sowie auch für die Leitstellen

möglich, auf dieselbe Informationsbasis zuzugreifen. Dieses Projekt zeigte, wie essenziell GIS-basierte Planung für den Bevölkerungsschutz ist. Schnelle und sichere Einsätze werden durch die Kombination aus strukturierter Datenerfassung, lokalen Kenntnissen und moderner Technologie möglich gemacht. (vgl. MOBILEGIS 2025)

5.3 Projektgebiet des Waldfachplans

Das Projektgebiet umfasste 4-5 Bezirke, nämlich Baden, Neunkirchen, Wiener Neustadt und Wiener Neustadt-Land und zu einem sehr kleinen Teil Lilienfeld. Insgesamt waren also 95 Gemeinden und 256 Katastralgemeinden beteiligt. Von den rund 270 000 ha des Projektgebiets sind rund 170 000 ha Waldfläche, wie auch in der folgenden Abbildung zu sehen ist.

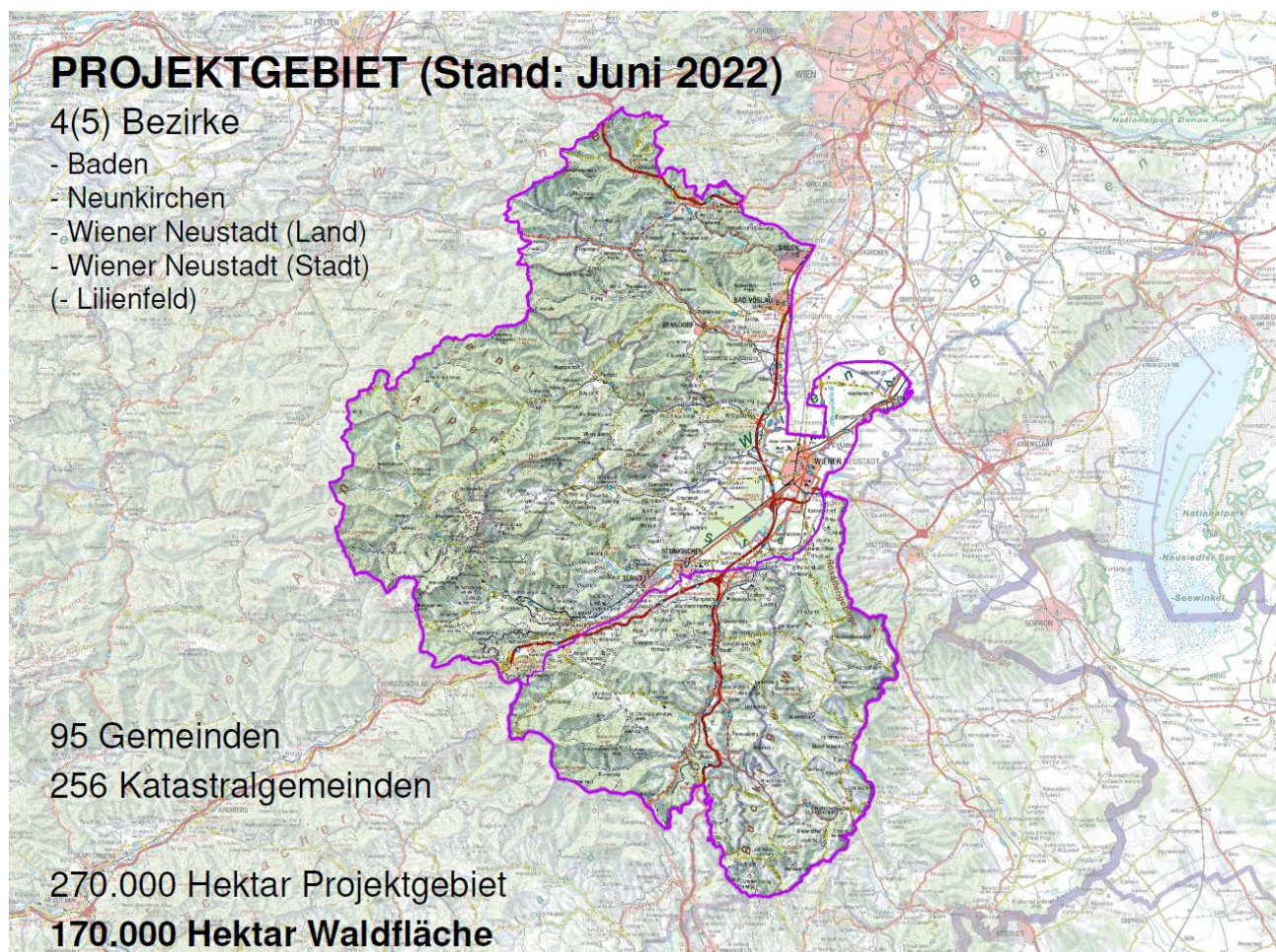


Abbildung 13: Projektgebiet des Waldfachplans (MAYERHOFER 2022)

Zur besseren Übersichtlichkeit wurde das gesamte Projektgebiet in kleinere Bereiche unterteilt. Jeder Feuerwehr im Projektgebiet wurden alle Blattsnitte des ganzen Projektgebietes analog geschickt. In folgender Abbildung ist eine Übersicht über die Blattsnitte des Projekts zu sehen:

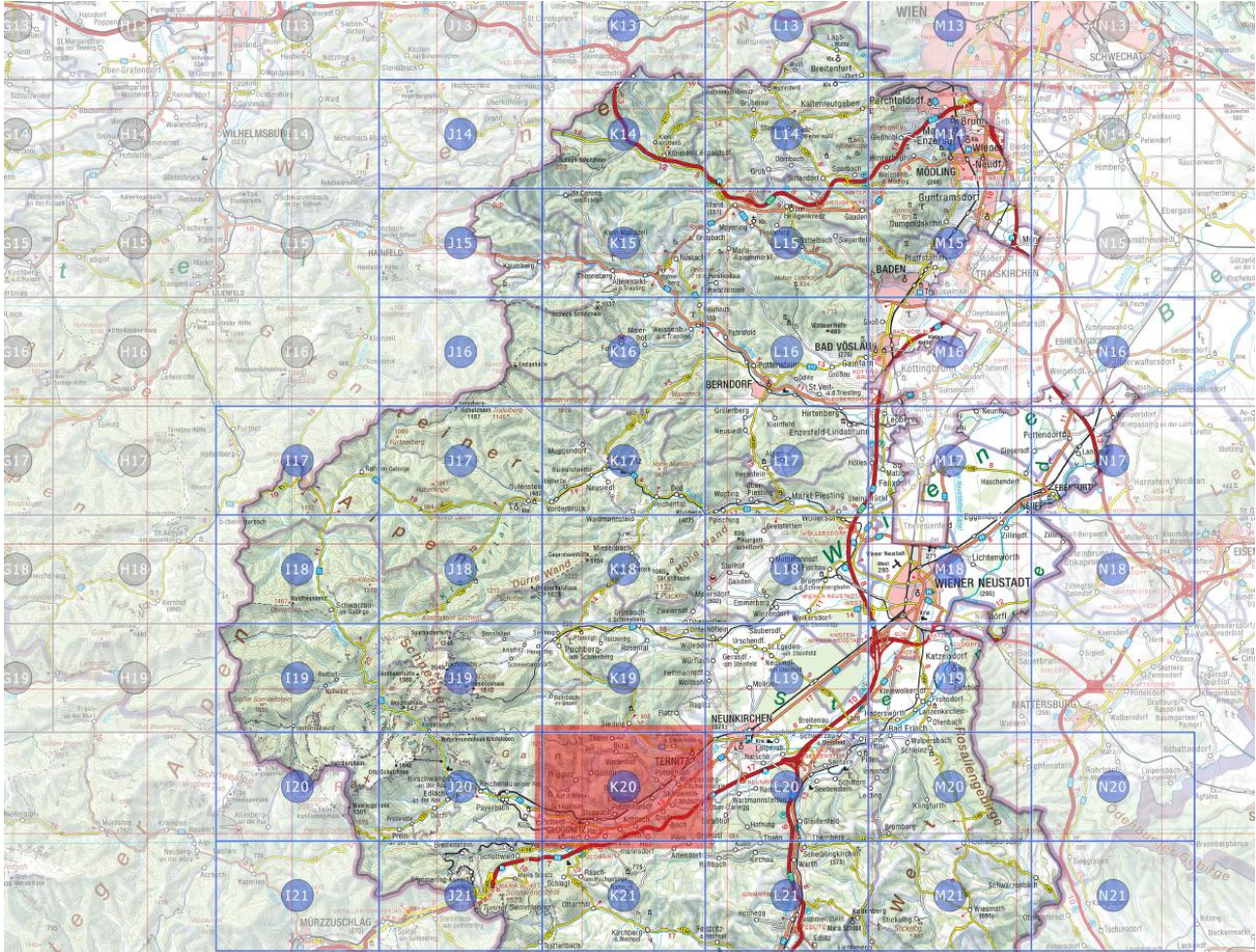


Abbildung 14: Blattsnitte des Waldfachplans (Waldfachplan, eigene Darstellung)

In obiger Abbildung ist das Blatt K20 hervorgehoben. Wenn dieser Kartenausschnitt geöffnet wird, ist beispielsweise auf diesem Blatt ein sehr kleiner Ausschnitt des Projektgebietes zwischen Gloggnitz und Neunkirchen im Maßstab 1:10.000 zu sehen, siehe Abbildung 15:

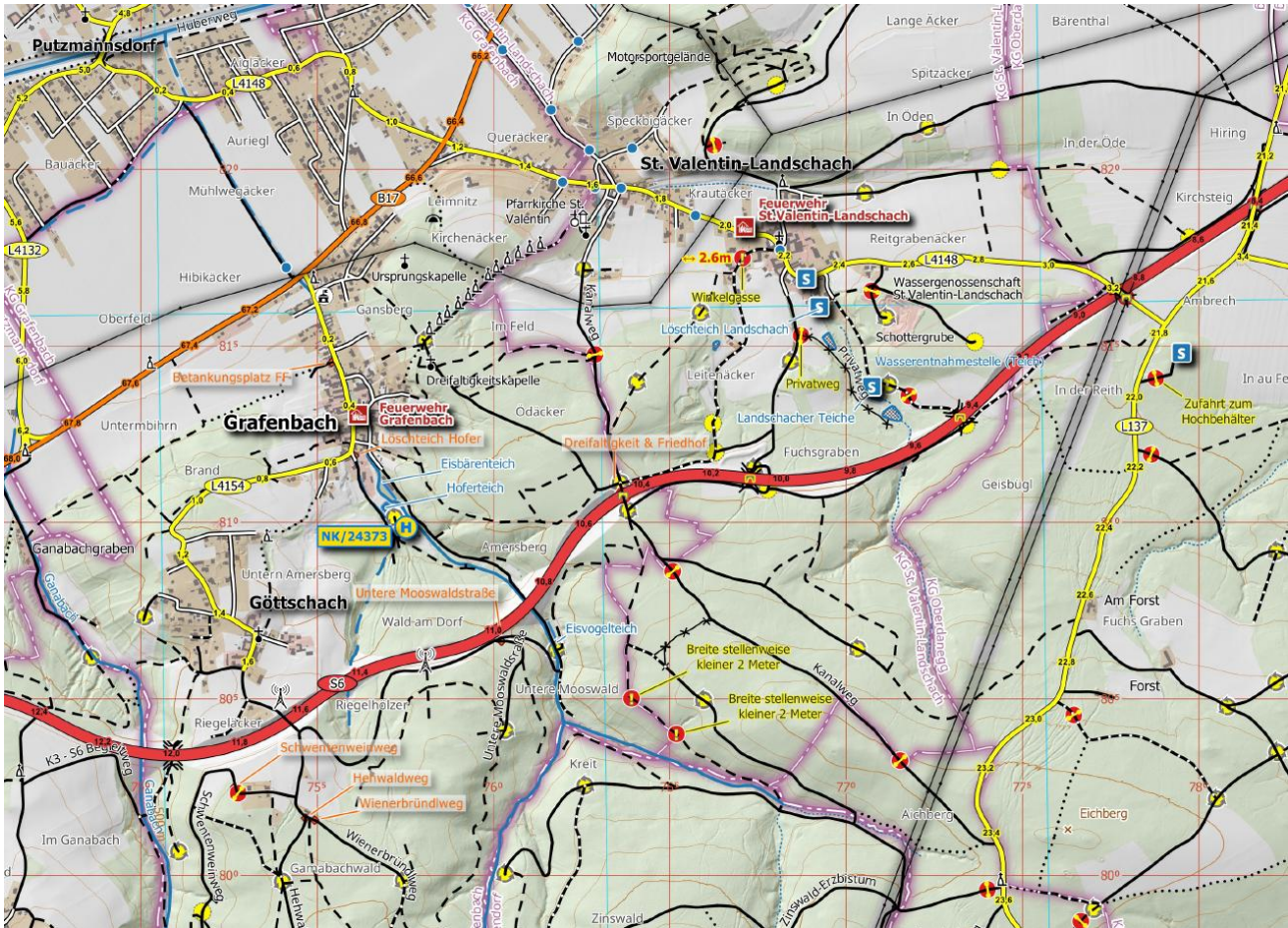


Abbildung 15: Waldfachplan im Maßstab 1:10.000 (Waldfachplan, eigene Darstellung)

In der Endfassung des Waldfachplans wurden viele POIs, Verkehrswege, Gewässer, Einzelobjekte, Nutzungsflächen und vieles mehr übersichtlich dargestellt. Um die dargestellten Verkehrswege, Gewässer, Einzelobjekte und projektspezifischen Informationen richtig deuten zu können, ist die Legende des fertigen Projekts in der nächsten Abbildung zu sehen:

Legende für die Einsatzkarte 1:10.000 auf der Rückseite	
Projektspezifische Informationen	Gewässer
♦ Alutafel	① Quelle ganzjährig nutzbar
Ⓛ Lotsenpunkt	② Quelle nicht ganzjährig nutzbar
Ⓜ Bereitstellungspunkt	— fließend, ganzjährig nutzbar
• Hydrant nutzbar	— fließend, nicht ganzjährig nutzbar
Ⓢ Wasseraufnahmestelle TLF	 fließend, nicht nutzbar
Ⓢ Wasserentnahmestelle Hubschrauber	----- Hochquellwasserleitung
● Ausweichmöglichkeit	● stehend, ganzjährig nutzbar
Ⓢ Umkehrplatz	● stehend, nicht ganzjährig nutzbar
● Brücke	● stehend, nicht klassifiziert
● Furt	● stehend, nicht nutzbar
● Schranken	
● Tunneleinfahrt	Verkehrswege
● Unterführung	— Autobahn
● Sonstiges Fahrhindernis	— Schnellstraße
— Brandabschnitt	— Bundesstraße
— Gefahrenzone	— Landesstraße
— Trennlinie	— Rampe
— Zaun	— Regionalstraße
	— Ortsgasse
Hubschrauberlandeplätze	— TLF ohne Gefahr befahrbar
Ⓢ Klasse I mit Wasser	--- TLF mit Vorsicht befahrbar
Ⓢ Klasse I ohne Wasser	- - - Fahrweg (AWD, Traktor, Pickup...)
Ⓢ Klasse II+III mit Wasser	 Fussweg
Ⓢ Klasse II+III ohne Wasser	✂ nicht relevant
Einzelobjekte	— Brücke
— Feuerwehr	— Tunnel
— Polizei	— Eisenbahn
— Kotes Kreuz	— Schmalspur- oder Zahnradbahn
— Samariterbund	— Straßenbahn
— Sonstige Sanitätseinrichtung	— Eisenbahn Brücke <50m
— Bergrettung	— Eisenbahn Brücke ≥50m
— Apotheke	— Eisenbahn Tunnel
— Medizinische Einrichtung	Seilbahnen
— Gemeindeamt	— Personenseilbahn
— Forstverwaltung	— Sessellift
— Forsthaus	— Schleplift
— Schutzhütte	— Materialseilbahn
— Tankstelle	Grenzen
— Sender	— Katastralgemeinde
— Gipfelkreuz	— Gemeinde
— Burg, Schloss	— Bezirk
— Ruine	— Bundesland
— Turm, Warte	Höhenlinien
— Wasserturm	— 20m Höhenlinie
— Kirche	— 100m Höhenlinie
— Kapelle	Nutzungsflächen
— Kleindenkmal / Marterl	— Gebäude
— Höhle	— Gebäudenebenfläche, Parkplatz
Energie:	— Garten
— Windkraftwerk	— Weingarten
— Gas-, Ölbehälter	— Gewässer
— Kraftwerk	— Alpe
— Umspannwerk	— Wald
— Stromleitung	— Friedhof, Freizeitfläche
	— Betriebsfläche, Deponie
	— Fels und Geröll

Abbildung 16: Legende des fertigen Waldfachplans (Waldfachplan, eigene Darstellung)

5.4 Auftraggeber und Mitwirkende

Das Projekt des Waldfachplans wurde durch den Bund Waldfonds – M6, Maßnahmen zur Waldbrandprävention gefördert. Es gab folgende Förderwerber und Mitwirkende:

- **Förderwerber / Auftraggeber:** Stadtgemeinde Ternitz, WNSKS (Wiener Neustädter Stadtwerke und Kommunal Service GmbH), Marktgemeinde Alland, WLV Triestingtal (Wasserleitungsverband), Vereine Bucklige Welt – Wechselland, Landes-/Bezirksfeuerwehrkommando, Forstbehörde
- **Mitwirkende:** Feuerwehren, Polizei, Rettungsorganisationen, Bundesheer, Forstbehörde, Waldeigentümer

Laut Auskunft der Juristen sind die Förderwerber bzw. die Auftraggeber Eigentümer der Daten. (vgl. MAYERHOFER 2025)

5.5 Karteninhalte (auszugsweise)

Folgende Karteninhalte wurden im Waldfachplan berücksichtigt. Diese Aufzählung stellt einen Auszug dar:

- **Verkehr:** Straßen und Wege, Eisenbahn, Tankstellen, Brücken / Unterführungen, Umkehrplätze
- **Wasser:** Gewässer fließend / stehend, Wasserentnahmestellen, Hydranten mit Netzergiebigkeit
- **Leitungen:** Stromleitungen, Gasleitungen
- **allgemeine Infrastruktur:** Sender, Zäune, Schranken, Bauten
- **projektspezifische Infrastruktur:** KHD-Sammelpunkte, Brandabschnitte, Alutafeln zur Wegbeschriftung in der Natur, Hubschrauberlandeplatz
- **weitere Inhalte:** allg. Beschriftung, Gemeindegrenzen

(vgl. MAYERHOFER 2022)

5.6 Ablauf des Projekts

In folgender Tabelle ist der Ablauf des mittlerweile abgeschlossenen Projekts zu sehen. In der linken Spalte stehen die einzelnen Arbeitsschritte und in der rechten Spalte der grobe Zeitplan und wer für die Durchführung verantwortlich war.

[illegible]

• Wasser (Gewässer, Wasseraufnahmestellen, Hydranten, ...) • Allg. Infrastruktur (Zaun, Schutzhütten, Marterl, ...) • Projektspezifische Infrastruktur (Lotsenpunkte, Bereitstellungspunkte, ...) • Alutafeln (groß / klein) Nur Infrastruktur, die für den Einsatz relevant ist, soll in die Karte einfließen.	
--	--

Tabelle 4: Ablauf des Projekts Waldfachplan Teil 1 (MAYERHOFER 2022, MAYERHOFER 2025)

Der Punkt 3) Erhebungen der Feuerwehren wurde mit der Software **Mergin Maps** (Lutra Consulting Limited) durchgeführt, verwendet werden konnten die Betriebssysteme iOS, Android und Windows. Als **Hardware** konnten private Tablets oder Laptops verwendet werden, wer kein solches Gerät hatte oder seines nicht benutzen wollte, hatte die Möglichkeit, auch ein **Leihgerät** anzufordern. Es wurde dann für jede Feuerwehr ein eigener Benutzer bzw. ein eigenes Benutzerkonto angelegt, das auf dieses Projekt zugreifen und es bearbeiten konnte. Weitere **Vorteile** waren die einfache Bedienung sowie dass alle in derselben digitalen Karte arbeiten konnten. Bevor die Karte verwendet werden konnte, musste sie direkt in der Software heruntergeladen werden. Auf der **Homepage**, die als Leitfaden zur Umsetzung diente, konnten die Feuerwehren jederzeit alles Wichtige nachlesen. Dort war auch ein **Kriterienkatalog** zu finden, wo genau definiert wurde, unter welchen Bedingungen beispielsweise ein Weg als TLF-befahrbar mit/ohne Gefahr klassifiziert werden konnte oder welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, um ein fließendes Gewässer als (nicht) ganzjährig nutzbar zu kennzeichnen. Ein Auszug dieses Kriterienkataloges ist im Anschluss an den Ablauf des Projekts zu finden.

Auch für die **Feldarbeit** wurden in der Unterweisung wichtige Punkte genannt. Darunter fielen die Hinweise, dass die Feuerwehren in ihrem eigenen Einsatzgebiet mit den Grundeigentümern Kontakt aufnehmen sollten und sie über die Begehung / Befahrung des Waldes zu informieren oder auch, wie die GIS-Daten klassifiziert und aufgenommen werden konnten. Bevor alle anderen Benutzer die Änderungen sehen konnten, mussten über einen Button die **Daten synchronisiert** werden, um die in der Karte vorgenommenen Änderungen hochzuladen.

Die Standorte der **Alutafeln** wurden unter Punkt 3) ebenfalls in der digitalen Karte aufgenommen und in weiterer Folge von den Feuerwehren in ihrem Einsatzgebiet montiert (8b), um eine bessere Orientierung vor Ort zu ermöglichen.

Arbeitsschritte	Zeitplan und Anmerkungen
4. Aufbau Einsatzplan Festlegung des Kartenlayouts durch die Einsatzorganisationen 5. Konzeptdruck & Fertigstellung vorläufiger Einsatzplan a) Besprechung mit anderen Einsatzorganisationen b) Layout und Druck c) Endkontrolle	Durchführung: Projektverantwortliche, ca. Jänner 2024 bis Mai 2024 c)u.a. durch die FFs, Anfang Juni 2024
7. Endfassung Einsatzplan a) Druck + Datenübergabe b) Technischer Bericht c) Übergabe	ca. Ende Juni 2024 bis Juli 2024
8. Alutafeln a) Druck und Verteilung b) Montage durch die Feuerwehren	ca. August 2024 a) durch Projektverantwortliche, b) durch FFs

Tabelle 5: Ablauf des Projekts Waldfachplan Teil 2 (MAYERHOFER 2022, MAYERHOFER 2025)

Die **Alutafeln** sollen zur besseren Orientierung für ortsunkundige Einsatzkräfte dienen. Es wurden daher auch Wege beschriftet, die für Einheimische bekannt sind. Die Montage erfolgte nach Rücksprache mit den Waldeigentümern, sie wurden an neuralgischen Stellen wie Abzweigungen von Forststraßen oder bei markanten Kreuzungen im Wald aufgestellt. (vgl. MOBILEGIS 2023) Die Alutafeln sind für diese Masterarbeit nicht relevant.

Wie auch in der Tabelle nachgelesen werden kann, waren bei der Endkontrolle des fertigen Planes auch die einzelnen Feuerwehren im Projektgebiet beteiligt. Diese kontrollierten ihr Einsatzgebiet und konnten Änderungswünsche äußern, bevor die finale Fassung gedruckt wurde. Im Folgenden ist ein Auszug aus dem **Kriterienkatalog** zu sehen sowie im Kapitel 5.3 „Projektgebiet des Waldfachplans“ Bilder des fertigen **Endprodukts** des Waldfachplans. Diese Pläne wurden den örtlichen Feuerwehren analog zur Verfügung gestellt.

Die digitalen Vektor- und Rasterdaten wurden an den Landesfeuerwehrverband, die Landesleitzentrale, das BMI und Notruf 144 übermittelt. Dort werden / wurden die Daten in bereits bestehende Systeme wie etwa ELKOS integriert. (vgl. MAYERHOFER 2025)

Das Projekt des Waldfachplans stellte eine einmalige Erhebung dar, wodurch die Daten seit 2023 nicht mehr aktualisiert wurden. Wie oder ob das Projekt in Zukunft weitergeführt wird oder ob es als Vorreiter für andere Bundesländer dient, ist noch nicht bekannt. (vgl. MAYERHOFER 2022)

5.7 Auszug aus dem Kriterienkatalog

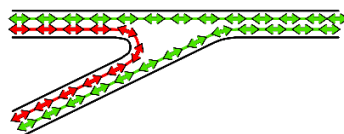
Um sicherzustellen, dass alle Feuerwehren dieselben Definitionen bezüglich des Wegenetzes, Gewässer, Fahrhindernisse etc. verwenden, wurde ein Kriterienkatalog entworfen, an dem sich alle Feuerwehren halten mussten. Dort wurde unter anderem folgendes für das Wegenetz und die Gewässer definiert:

- **Wegenetz**

Es ist hinsichtlich 5 Wegkategorien zu unterscheiden:

- **Straßen TLF-befahrbar ohne Gefahr**

- befestigte (geschotterte/asphalтиerte) Straßen
- geeignete Umkehrmöglichkeit muss vorhanden sein (auch mehrmaliges re-versieren ist zulässig) - Umkehrmöglichkeiten sind aufzunehmen!
- keine zu engen Kurvenradien (auf spitzkehrenartige Einbindungen achten!)



- keine Engstellen (forstlicher Bewuchs, Bauwerke, Felsvorsprünge,...) - sind als Fahrhindernisse aufzunehmen!
- ganzjährig befahrbar (ausgenommen Schneelage)
-

- **Straßen TLF-befahrbar mit Vorsicht**

- befestigte (geschotterte/asphalтиerte) Straßen, wo zumindest eines der Kriterien von Punkt 1. nicht erfüllt ist

- **Fahrwege für AWD-KFZ (Traktor, PickUp, Quad,...)**

- unbefestigte Straßen / Wege (nur einsatztechnisch relevante Wege)
- **Fußwege**
 - einsatztechnisch relevante Fußwege (kann auch ein nicht mehr benutzbarer Fahrweg sein)
- **nicht relevante Wege**
 - einsatztechnisch nicht relevante Wege
- **Gewässer**

Die Nutzbarkeit der Gewässer ist festzulegen:

- **fließende Gewässer**
 - einsatztechnisch relevant
 1. ganzjährig nutzbar
 2. nicht ganzjährig nutzbar
 - sonstige fließende Gewässer (einsatztechnisch nicht relevant)
- **stehende Gewässer**
 - einsatztechnisch relevant (nutzbar)
 - sonstige stehende Gewässer (einsatztechnisch nicht relevant)

(MOBILEGIS 2023)

6 Praktische Umsetzung des Tools

In diesem Kapitel wird die Umsetzung und Verknüpfung zweier zentraler Komponenten zur Darstellung des Waldbrandrisikos beschrieben. Diese zwei Komponenten sind die **aktuelle Wetterlage** und die **Geländezugänglichkeit** in Hinblick auf die Brandbekämpfung. Für die Wetterlage wurde ein eigener Waldbrandindex, der **GRU-WBI** entwickelt und in die Geländezugänglichkeit fließen die Rohdaten des **Waldfachplans** ein. **Ziel** ist es, sowohl die aktuelle Wetterlage als auch die Zugänglichkeit des Geländes für die Brandbekämpfung anhand verschiedenster Parameter in einer gemeinsamen Analyse zu berücksichtigen und als interaktives Tool zu visualisieren.

6.1 Verwendete Parameter für das Tool

Faktoren, die Waldbrände beeinflussen können, sind unter anderem folgende: ein **digitales Höhenmodell**, die **Hangneigung**, die durchschnittliche **Temperatur**, der durchschnittliche **Jahresniederschlag**, durchschnittliche **Windspitzen**, durchschnittliche Trockenheit, die Walddichte, die Dichte der Vegetationsdecke, die **Art der Bodenbedeckung**, die Bevölkerungsdichte, die **Entfernung zur nächsten Straße** und die Dichte des Bruttoinlandsprodukts. (vgl. YANG et al. 2021: 9)

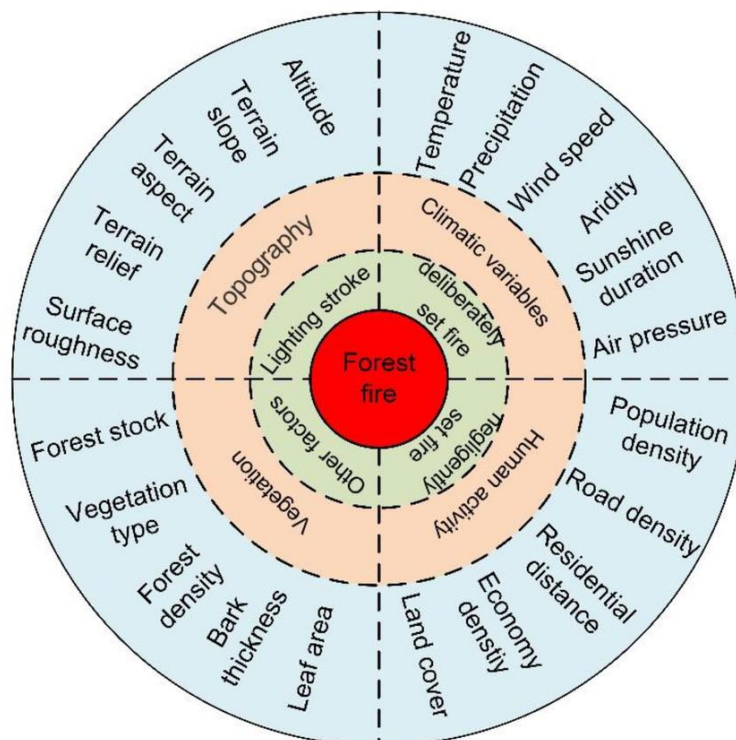


Abbildung 17: Hauptursachen für Waldbrände (YANG ET AL. 2021: 5)

In obiger Abbildung sind die Hauptursachen und Faktoren für Waldbrände abgebildet. Diese sind in vier Teile aufgegliedert: Klimatische Variablen, menschliche Aktivitäten, Vegetation und Topographie. Zu den klimatischen Variablen zählen die **Temperatur**, der **Niederschlag**, **Windgeschwindigkeit**, **Trockenheit**, Sonnenscheindauer und der Luftdruck, zu den menschlichen Aktivitäten gehören die Bevölkerungsdichte, **Straßendichte**, die Nähe zu Wohngebieten oder auch die **Landnutzung**. Die **Vegetation** umfasst den Waldbestand, Vegetationsart, Walddichte, Rindendicke und die Blattflächen und die Topographie die Seehöhe, **Hangneigung**, Geländeform, Geländebeschaffenheit und andere Faktoren. (vgl. YANG et al. 2021: 4f, vgl. NÖLFVB 2025). Weiters sind bei der Waldbrandprävention viele Faktoren wie die Wegesituation, **Wasserbedingungen**, die Dichte des Feuerwehernetzes und auch die Besucherfrequenz zu berücksichtigen. (vgl. NRM-JOURNAL 2024: 7)

In dieser Masterarbeit wurden im entwickelten Tool alle vier Teile aus Abbildung 17 berücksichtigt: die **Wettervariablen**, **menschliche Aktivitäten** wie das Straßen- und Wegenetz, die **Vegetationsart** bzw. Landnutzung sowie die **Topographie / Geländeform**. Für die Wettervariablen wurden Echtzeitdaten von Geosphere Austria verwendet, die im Tool Teil 1 näher beschrieben sind. Die Geländeform, Vegetationsart sowie menschliche Einflüsse werden im Tool Teil 2 genauer beschrieben.

6.2 Konzept für das Tool

Das in dieser Arbeit erstellte interaktive Tool soll...

- Einen eigenen meteorologischen Waldbrandindex (GRU-WBI) darstellen, der die Wettervariablen Temperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag enthält.
 - Dieser soll Echtzeitdaten verwenden und die Waldbrandgefahr aufgrund der aktuellen Wetterlage abschätzen.
 - Weiters sollen die Wetterparameter gewichtet werden und der Waldbrandindex für das Projektgebiet visuell dargestellt werden.
 - Über ein Pop-up sollen für die einzelnen Standorte die Wettervariablen, der GRU-WBI-Wert und der Zeitpunkt aufrufbar sein.
- Einen statischen Zugänglichkeitslayer enthalten, der auf frei verfügbaren Geodaten sowie auf den Daten des Waldfachplans beruht. Dieser soll die Geländezugänglichkeit in Hinblick auf die Waldbrandbekämpfung aufgrund Faktoren wie verfügbares Wegenetz, der Wasserentnahmestellen, Hangneigung und Vegetationsart darstellen.

Die Kombination der beiden Teile soll in einem ArcGIS Online Dashboard umgesetzt werden.

Folgende Möglichkeiten und Funktionalitäten soll der Endanwender haben:

- Es soll eine Karte geben, die das Waldbrandrisiko gesamt darstellt. Die beiden oben beschriebenen Teile sollen auch getrennt voneinander betrachtet werden können.
- Eine Legende der angezeigten Layer soll vorhanden sein.
- Es soll auch Pop-Ups mit detaillierten Informationen zum ausgewählten Feature geben.

In Abbildung 18 ist das gesamte Ablaufmodell des erstellten Tools zu sehen.

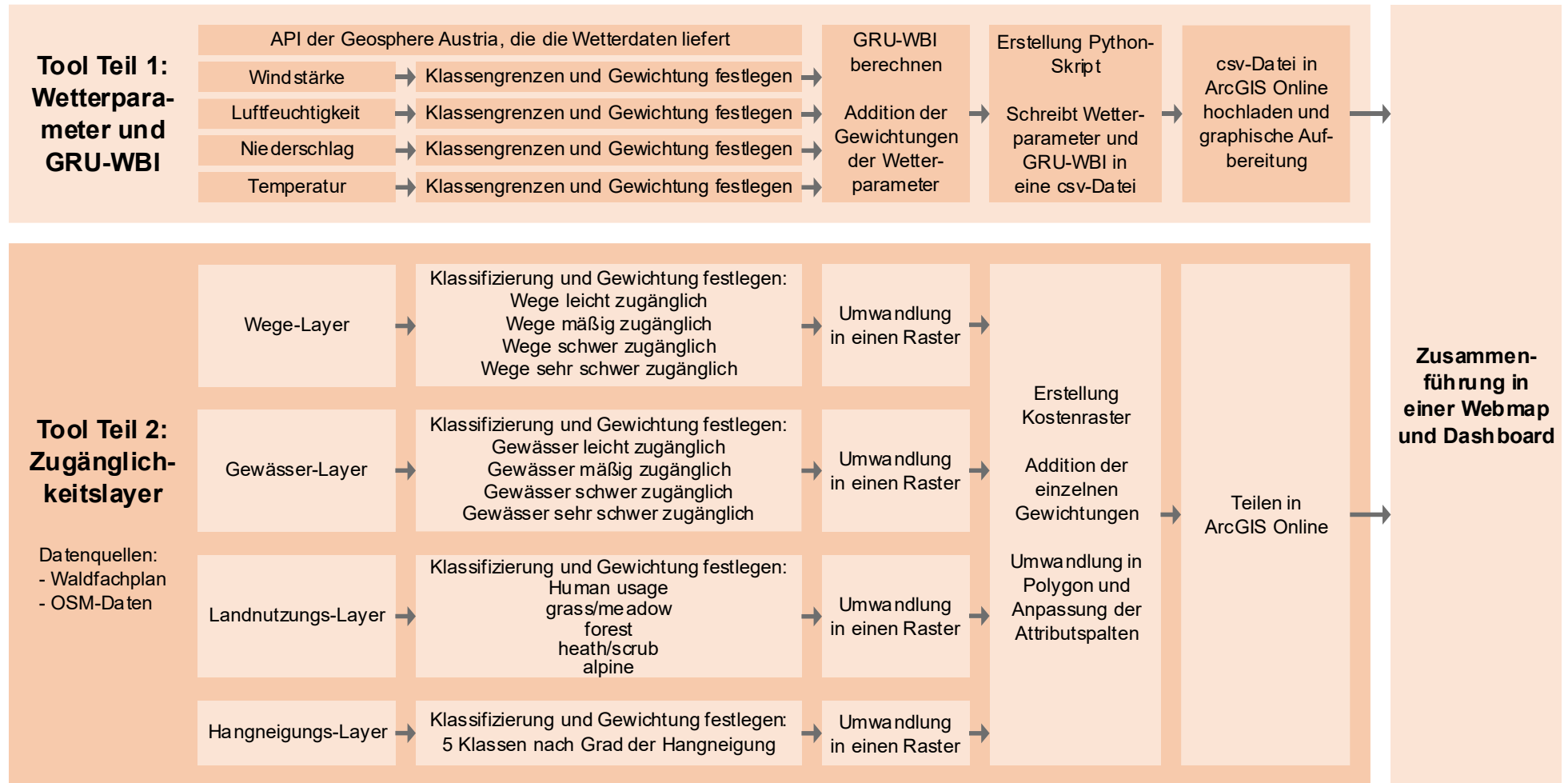


Abbildung 18: Gesamtes Ablaufmodell des Tools (eigene Darstellung)

Der erste Teil befasst sich mit der automatisierten Erfassung und Verarbeitung von **Echtzeitwetterdaten** (Windstärke, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag, Temperatur), die als Grundlage für einen eigens entwickelten Waldbrandindex GRU-WBI dienen. Die Echtzeitwetterdaten werden über eine API der Geosphere abgerufen und über ein Python-Skript in einer csv-Datei gespeichert. Diese csv-Datei wird anschließend in ArcGIS Online hochgeladen und in die Applikation eingebunden.

Der zweite Teil widmet sich der Modellierung der **Geländezugänglichkeit** mithilfe von ArcGIS Pro, wobei relevante Faktoren, unter anderem auch die **Daten des Waldfachplans**, für die Waldbrandbekämpfung wie Verkehrswege, Wasserentnahmestellen, Vegetation und Geländeparameter einbezogen werden. Diese werden in einen Raster umgewandelt und pro Zelle addiert, um einen Kostenraster zu erhalten. Danach wird das Ergebnis in ArcGIS Online geteilt und ebenfalls in die Web-Map und das Dashboard eingebunden.

Die zugrundeliegende Idee dabei in beiden Teilen ist, dass die einzelnen **Parameter** anhand jeweils vier bis fünf Klassen nach ihrem Wert **gewichtet** werden und am Ende die **Summe** davon die **Abschätzung der Waldbrandgefahr** darstellt. Es sollen vier bis fünf Gefährdungsstufen in Anlehnung an den ZAMG WBI gewählt, da dort auch vier Gefährdungsstufen vorhanden waren. Dieser Ansatz wurde sowohl für den ersten Teil des Tools, die Echtzeitwetterdaten, gewählt als auch für den zweiten Teil des Tools, den Zugänglichkeitslayer. Grundsätzlich gilt: **Je höher die Gewichtung der Parameter, desto höher das Waldbrandrisiko.**

Abschließend werden beide Ansätze in einer gemeinsamen **WebMap** bzw. **Dashboard** zusammengeführt und visualisiert. Dadurch entsteht eine Darstellung des Waldbrandrisikos, die es ermöglicht, die Gefährdung eines Gebiets auf Basis der aktuellen Wetterbedingungen und der operativen Zugänglichkeit einzuschätzen.

Verwendete Software

Für den ersten Teil des Tools wurde ein **Python-Skript** entwickelt, das Echtzeitwetterdaten über eine API der Geosphere abrufen und diese in einer csv-Datei speichern. Dieser Ansatz wurde gewählt, weil die csv-Datei anschließend in ArcGIS Online hochgeladen und in die Applikation eingebunden werden kann. Das Skript wurde mit **Spyder** geschrieben und getestet.

Für die meisten Schritte im zweiten Teil des Tools wurde **ArcGIS Pro** verwendet, da es in dieser Software einen ModelBuilder gibt, mit dieser Software schon oft gearbeitet wurde und die erstellten Layer direkt online publiziert werden konnten. Trotzdem wurden einige Schritte in **QGIS** durchgeführt, da es dort subjektiv gesehen leichter war, diese Schritte umzusetzen.

Für einige der erstellten Abbildungen wurde **Inkscape** verwendet, um die aus dem ModelBuilder exportierten Modelle farblich übersichtlicher darstellen zu können.

6.3 Tool Teil 1: Eigener Meteorologischer Waldbrandindex (GRU-WBI)

In der Vegetationsbrandbekämpfung spielt das Wetter eine zentrale Rolle, da es das Brandverhalten sowohl direkt als auch indirekt beeinflusst. Meteorologische Faktoren wie **Temperatur**, **Wind**, **Luftfeuchtigkeit** und **Niederschläge** bestimmen in hohem Maße die Dynamik und Intensität von Vegetationsbränden. Ein gutes Verständnis dieser Einflüsse ist daher unerlässlich, um wirksame Maßnahmen zur Brandbekämpfung planen und durchführen zu können. (vgl. LFV-BB 2024: 24)

Da beim FWI sowie beim WBI der ZAMG die **Temperatur**, der **Niederschlag**, die **Luftfeuchtigkeit** und die **Windgeschwindigkeit** berücksichtigt werden und diese vier Parameter auch häufig von anderen Quellen genannt wurden (z.B. CLIMATE ADAPT 2025a, FIREBLOG 2024b, LFV-BB 2024, NATURAL RESOURCES CANADA 2025, NÖLFVB 2025, ÖBFV 2024, YANG et al. 2021, ZAMG WBI 2024), wurden diese für den in dieser Arbeit entwickelten Waldbrandindex herangezogen.

Die Wetterbedingungen stellen also einen wesentlichen Einflussfaktor dar. Elemente wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Wind und Niederschlag sind entscheidend und bestimmen maßgeblich, wie leicht sich Vegetation entzündet und wie sich ein Brand entwickelt. **Hohe Temperaturen** in Kombination mit **geringer Luftfeuchtigkeit** erhöhen die Entzündungsgefahr und fördern eine rasche Ausbreitung des Feuers. Besonders kritisch ist dabei der **Wind**, da er Flammen und Funken weiterträgt und gleichzeitig die Sauerstoffzufuhr erhöht, wodurch das Feuer zusätzlich angefacht wird. **Niederschläge** wirken hingegen als natürlicher Hemmfaktor, da sie die Vegetation befeuchten und diese dadurch schwerer entflammbar machen. (vgl. LFV-BB 2024: 23)

Dieses Kapitel beschreibt die Wetter-Parameter Windstärke, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Temperatur, die für den ersten Teil des Tools herangezogen wurden. Es wird auch zuerst beschrieben, wie sich die verwendete API der Geosphere Austria zusammensetzt.

In diesem Teil wird am Ende ein Python-Skript generiert, das Echtzeitwetterdaten über eine API der Geosphere bezieht und diese in eine csv-Datei schreibt. Dabei werden die einzelnen Wetterparameter auch für den eigenen Waldbrandindex gewichtet. Diese csv-Datei wird dann in ArcGIS Online hochgeladen und dort in die Applikation integriert.

6.3.1 Aktuelle Geosphere-API

Der erste Schritt war, eine API zu finden, die Echtzeitwetterdaten liefert. Daher wurde zuerst ein passender Datensatz unter <https://data.hub.geosphere.at/dataset/> gesucht. Da es hier sehr viele Datensätze gibt, wurde einer ausgewählt und über „Gehe zum Datensatz“ die API-Dokumentation unter <https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/docs/> aufgerufen. Anhand des Beispiels <https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/docs/getting-started.html#example> konnten wertvolle Informationen gesammelt werden, wie die API zusammengesetzt werden kann und wo weitere Metadaten-Informationen gesammelt sowie miteinander verglichen werden können. Eine wichtige Übersichtsseite war <https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/datasets>, da hier alle Datensätze kurz und prägnant zusammengefasst sind.

Der Datensatz sollte folgende **Anforderungen** erfüllen: Der Datensatz sollte Parameter wie Wind, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit und Temperatur im Bezirk Neunkirchen abdecken, eine räumliche Auflösung von ca. 1x1km und eine zeitliche Auflösung von unter einer Stunde haben und Echtzeitwetterdaten liefern.

Aus diesem Grund wurde ein Datensatz gesucht, der als Modus entweder „current“ oder „forecast“ hat und als Typ „grid“, um eine flächenhafte Abdeckung mit aktuellen Daten sicherzustellen.

Über die bereits erwähnte Übersichtsseite <https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/datasets> wurden die Metadaten zu mehreren Datensätzen miteinander verglichen und schon eine erste Vorauswahl getroffen:

Es gibt nur einen Datensatz, der als Modus „current“ hat. Hier handelt es sich allerdings um Stationswetterdaten, die keine flächenhafte Abdeckung ermöglichen und daher nicht geeignet sind.

Weiters gibt es sieben Datensätze, die als Type „grid“ und gleichzeitig Mode „forecast“ haben. Vier davon fallen weg, da sie als Ressource „Chemical weather prediction“ haben. Bei diesen Schadstoffvorhersagen sind als Parameter Ozon und Feinstaub angeführt, für das Tool werden aber die oben genannten Wetterparameter benötigt. Die verbliebenen drei Datensätze werden in nachfolgender Tabelle gegenübergestellt:

Datensatz	Kurzfristvorhersage	Hochauflösendes Wettermodell	Ensemblevorhersage
Quelle	https://data.hub.geosphere.at/dataset/nowcast-v1-15min-1km	https://data.hub.geosphere.at/dataset/nwp-v1-1h-2500m	https://data.hub.geosphere.at/dataset/ensemble-v1-1h-2500m
API-URL	https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/grid/forecast/nowcast-v1-15min-1km	https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/grid/forecast/nwp-v1-1h-2500m	https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/grid/forecast/ensemble-v1-1h-2500m
Zeitl. Auflösung	15-minütig	stündlich	stündlich
Räuml. Auflösung	1,0 km; Bounding Box: 45.5 - 49.48 °N, 8.1 - 17.74 °E	2,5 km; Bounding Box: 42.98 - 51.82 °N, 5.49 - 22.1 °E	2,5 km; Bounding Box: 42.98 - 51.82 °N, 5.49 - 22.1 °E
Parameter	Temperatur, Niederschlag, Wind, Feuchtemaße	Temperatur, Niederschlag, Wind, Strahlung, Feuchtemaße, Gewitter, Bewölkung, Druck	Temperatur, Niederschlag, Wind, Strahlung, Gewitter, Bewölkung
Begründung	Alle Anforderungen erfüllt	Zeitliche und Räumliche Auflösung zu ungenau	Feuchtemaße fehlen und räumliche Auflösung zu ungenau

Tabelle 6: Gegenüberstellung möglicher API-Quellen (eigene Darstellung)

Da bei der Kurzfristvorhersage alle Anforderungen erfüllt sind, wurde diese API für das Tool herangezogen.

Die Metadaten können unter <https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/grid/forecast/nowcast-v1-15min-1km/metadata> aufgerufen werden. Über diese Metadaten kann in Erfahrung gebracht werden, dass die Daten im EPSG 31287 liegen, die räumliche Auflösung 1000m beträgt, welche

maximale geographische Ausdehnung (Koordinaten) möglich ist, dass das Aktualisierungszeitintervall 15 Minuten beträgt und auch welche Wetterparameter in welcher Einheit verfügbar ist.

Dieser Datensatz ist eine Kurzfristvorhersage des Wetters wurde gewählt, weil er eine räumliche Auflösung von 1x1km und eine zeitliche Auflösung von 15 Minuten hat. Weiters basiert er auf Datenquellen wie Fernerkundungsdaten, Stationsbeobachtungen, ein hochaufgelöstes Geländemodell und numerischen Wettervorhersagemodellen, wodurch eine ziemlich gute Analyse des Jetztzustands der bodennahen Atmosphäre sowie kurzfristige Vorhersagen erstellt werden können. Noch ein weiterer wichtiger Faktor war, dass die API individuell so angepasst werden konnte, dass die vier benötigten Wettervariablen verwendet werden und alle anderen nicht benötigten weggelassen werden konnten.

Anhand des API-Beispiels und durch die Kombination aller Infos auf der Website der Geosphere wurde die API so zusammengesetzt, dass sie die gewünschten Parameter **ff (Windstärke)**, **rh2m (Luftfeuchtigkeit)**, **t2m (Temperatur)** und **rr (Niederschlag)** enthielt und durch die **Bounding Box** auf den Bezirk Neunkirchen zugeschnitten wurde.

Daraus ergab sich die **aktuelle API, die auch im Python-Skript verwendet wird:**

<https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/grid/forecast/nowcast-v1-15min-1km?parameters=ff,t2m,rh2m,rr&bbox=47.45,15.59,47.88,16.22>

Diese API wurde zum **Testen** in ein **html-Dokument** integriert und eine erste Visualisierung vorgenommen, um die Daten und die räumliche Ausdehnung zu kontrollieren. Nachdem dies technisch funktionierte, wurden für die Wettervariablen die in den nächsten Unterkapiteln beschriebenen Klasseneinteilungen vorgenommen und das html-Dokument weiter angepasst, indem die Klassengrenzen und Gewichtungen sowie die Bounding Box angepasst wurden. Die html-Datei befindet sich im Anhang, eine **Veranschaulichung** ist in Kapitel 6.3.6 GRU-WBI in **Abbildung 19** zu sehen.

Wie die einzelnen Wetterparameter gewichtet wurden und welche Klassengrenzen es gibt, wird in den nächsten Kapiteln beschrieben.

6.3.2 Windstärke

Als wichtiger Wetterparameter wurde die Windstärke in das Tool und den GRU-WBI einbezogen. Der Wind ist besonders kritisch, weil er nicht nur Funken und Flammen weiterträgt, sondern auch den Sauerstoffgehalt in der Luft erhöht, wodurch das Feuer zusätzlich angeheizt wird. (vgl. LFV-BB 2024: 23)

Der Wind zählt zu den wichtigsten Einflussgrößen, da er sowohl die Ausbreitungsgeschwindigkeit als auch die Richtung des Feuers maßgeblich steuert. Starker und gleichmäßiger Wind kann die Feuerfront rasch vorantreiben und zudem Funken sowie Glut über große Entfernungen transportieren. Dadurch können neue Brandherde entstehen. Aus diesem Grund sind verlässliche Windprognosen für die strategische Einsatzplanung von großer Bedeutung. (vgl. LFV-BB 2024: 24f)

Beaufort-grad	Bezeichnung	Windgeschwindigkeit (km/h)	(m/s)	Auswirkungen an Land
0	Windstille	< 1	< 0,2	Keine Luftbewegung, Rauch steigt senkrecht auf
1	leiser Zug	1-5	0,3-1,5	Wind treibt Rauch leicht ab
2	leichte Brise	6-11	1,6-3,3	Wind im Gesicht spürbar, Blätter rascheln
3	schwacher Wind	12-19	3,4-5,4	Wind bewegt dünne Zweige
4	mäßiger Wind	20-28	5,5-7,9	Wind bewegt Zweige und hebt loses Papier vom Boden
5	frischer Wind	29-38	8,0-10,7	Kleine Bäume schwanken, Wind bereits hörbar
6	starker Wind	39-49	10,8-13,8	Auch starke Äste schwanken, Wind pfeift um Telefonleitungen
7	steifer Wind	50-61	13,9-17,1	Fühlbarer Widerstand beim Gehen gegen den Wind, Bäume bewegen sich
8	stürmischer Wind	62-74	17,2-20,7	Zweige brechen, Gehen erheblich erschwert
9	Sturm	75-88	20,8-24,4	Äste brechen, an Häusern sind kleinere Schäden möglich
10	schwerer Sturm	89-102	24,5-28,4	Wind bricht Bäume, größere Schäden an Häusern möglich
11	orkanartiger Sturm	103-117	28,5-32,6	Wind entwurzelt Bäume, schwere Sturmschäden in Wäldern möglich
12	Orkan	> 118	>32,7	Schwere Sturmschäden

Tabelle 7: Windstärke nach der Beaufort-Skala (vgl. GANZ-WIEN 2025a, vgl. WETTERKONTOR 2025)

In obiger Tabelle ist eine oft verwendete Definition der Windstärke bzw. Windgeschwindigkeit, die Beaufort-Skala, zu sehen.

Mithilfe der Tabelle der Windstärke nach der Beaufort-Skala (siehe Tabelle 7) wurden folgende Klassengrenzen für die Windgeschwindigkeit festgelegt:

Windgeschwindigkeit in m/s	Gewichtung
0-3,4	0
≤5,5	1
≤8,3	2
>8,3	4

Tabelle 8: Windgeschwindigkeitsklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung)

Die Klassengrenzen entsprechen also den Grenzen der Beaufort-Skala zwischen leichtem, schwachem und mäßigem Wind. Alle Windgeschwindigkeiten darüber, also die Klasse mit der höchsten Gewichtung, wurde mit 8,3 m/s gewählt, da nach der 30-30-30-Regel die Waldbrandgefahr bei über 30km/h Windgeschwindigkeit stark steigt. (vgl. ÖBFV 2024: 14, vgl. LFV-BB 2024: 25)

Die sogenannte **30-30-30 Regel** besagt, dass bei über 30°C Außentemperatur, über 30 km/h Windgeschwindigkeit und unter 30% relativer Luftfeuchte das Risiko für eine heftige Brandausbreitung erheblich steigt. Ein Tag mit diesen Bedingungen stellt eine hohe Gefahr für einen Waldbrand und dessen Ausbreitung dar. (vgl. ÖBFV 2024: 14, vgl. LFV-BB 2024: 25)

6.3.3 Luftfeuchtigkeit

Ein weiterer entscheidender Faktor bei Vegetationsbränden ist die Luftfeuchtigkeit. Bei niedriger relativer Luftfeuchtigkeit trocknet die Vegetation schneller aus und wird dadurch leichter entflammbar. Steigt hingegen die Luftfeuchtigkeit, kann sich die Ausbreitung eines Feuers deutlich verlangsamen, da zunächst mehr Energie benötigt wird, um das in den Pflanzen enthaltene Wasser zu verdampfen, bevor das Material überhaupt brennen kann. (vgl. LVB-BB 2024: 25)

In Tabelle 9 sind die Klassengrenzen und die Gewichtung der Wettervariable Luftfeuchtigkeit zu sehen. Aufgrund der 30-30-30-Regel wurde die erste Klassengrenze von 0-30% Luftfeuchtigkeit gewählt und die restlichen 70% versucht, in etwa gleichmäßig zu verteilen.

Luftfeuchtigkeit in %	Gewichtung
0-30	4
≤60	2
≤80	1
≤100	0

Tabelle 9: Luftfeuchtigkeitsklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung)

6.3.4 Niederschlag

Als Starkregen wird für gewöhnlich eine Regenmenge von über 20 Liter pro Quadratmeter in 6 Stunden bezeichnet. (vgl. GANZ-WIEN 2025b) Häufig werden Niederschlagsmengen folgendermaßen klassifiziert:

Niederschlagsintensität	Niederschlagsmenge in mm bzw. kg/m ²	
	pro Stunde	pro 15 Minuten
Leichter Niederschlag	<2,5	<0,625
Mäßiger Niederschlag	<10	<2,500
Starker Niederschlag	<50	<12,50
Sehr starker / extremer Niederschlag	≥50	≥12,50

Tabelle 10: Klassifizierung Niederschlagsintensität (vgl. DEUTSCHER WETTERDIENST 2025)

Weiterführende Informationen können unter <https://www.friedrich-verlag.de/friedrich-plus/sekundarstufe/mathematik/zahlen-groessen/regenmengen-verstehen/> oder <https://at.wetter.com/videos/wetterlexikon/niesel-landregen-oder-starkregen-das-sind-die-unterschiede/595350efc8c7cc425129919d> gefunden werden.

Aus den Metadaten und aus eigenen Beobachtungen kann abgeleitet werden, dass es sich bei der API der Geosphere um die Regenmenge in kg/m² pro 15 Minuten handelt. Wenn die Niederschlagsmenge um 08:15 Uhr einen Wert von 0,8 hat, bedeutet das, dass es in 15 Minuten (von 08:15-08:30) 0,8 kg Niederschlag pro m² gibt.

Folgende Klassifizierung wurde basierend auf Tabelle 10 für den Niederschlag festgelegt:

Niederschlag in kg/m ² pro 15 Minuten	Gewichtung
0,0	4
≤0,625	3
≤2,5	2
>2,5	1

Tabelle 11: Niederschlagsmengenklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung)

Dabei wurde die höchste Gewichtung für den Fall gewählt, dass es keinen Niederschlag gibt. Niederschlag wirkt als natürlicher Brandhemmer, wodurch die Vegetation durchnässt und somit schwerer entflammbar wird. (vgl. LFV-BB 2024: 23) Die nächste Klassengrenze ist die des leichten Niederschlags und die darauffolgende Klasse mäßiger Niederschlag. Für starken und sehr starken Niederschlag wurde in der vierten Klasse die niedrigste Waldbrandgefahr angenommen.

6.3.5 Temperatur

Der FWI und der ZAMG WBI berücksichtigen Temperatur, Niederschlag, Windgeschwindigkeit, weshalb diese auch für den eigenen erstellten Index herangezogen wurden. Die Waldbrandgefahr ist bei höheren Temperaturen größer. (vgl. YANG et al. 2021, vgl. VACIK et al. 2024) Insbesondere ist die Waldbrandgefahr bei mehr als 30°C groß, was auch durch die 30-30-30-Regel untermauert wird. (vgl. NÖLFVB 2025, vgl. LFV-BB 2024) Darauf basierend wurden folgende Klassengrenzen für die Temperatur festgelegt:

Temperatur in °C	Gewichtung
≤0	1
≤15	2
≤30	4
>30	6

Tabelle 12: Temperaturklassifizierung für GRU-WBI (eigene Darstellung)

Die sogenannte **30-30-30 Regel** besagt, dass bei über 30°C Außentemperatur, über 30 km/h Windgeschwindigkeit und unter 30% relativer Luftfeuchte das Risiko für eine heftige Brandausbreitung erheblich steigt. Ein Tag mit diesen Bedingungen stellt eine hohe Gefahr für einen Waldbrand und dessen Ausbreitung dar. (vgl. ÖBFV 2024: 14, vgl. LFV-BB 2024: 25)

6.3.6 GRU-WBI

Die einzelnen Wetterparameter wurden in den vorherigen Kapiteln anhand jeweils vier Klassen nach ihrem Wert gewichtet, um die meteorologische Waldbrandgefahr abschätzen zu können. Je höher die Gewichtung der Parameter, desto höher das meteorologische Waldbrandrisiko.

Der **GRU-WBI-Wert** ist die **Summe der einzelnen Klassenwerte** aus Windstärke, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Temperatur. Aus diesen einzelnen Klassifizierungen bzw. Gewichtungen ergeben sich also ein Minimalwert von 2 und ein Maximalwert von 18, der GRU-WBI wurde bezogen auf die Waldbrandgefahr folgendermaßen festgelegt:

GRU-WBI-Wert	Waldbrandgefahr
2-9	Gering
10-12	Mäßig
13-15	Hoch
16-18	Sehr hoch

Tabelle 13: Klassifizierung der Waldbrandgefahr nach dem GRU-WBI (eigene Darstellung)

Der **GRU-WBI** stellt also eine Abschätzung der meteorologischen Waldbrandgefahr dar und beruht auf den Echtzeit-Wetterdaten der Geosphere Austria. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Klassengrenzen mit Ausnahme der ersten gleich groß sind. Es wurden vier Gefährdungsstufen in Anlehnung an den ZAMG WBI gewählt, da dort auch vier Gefährdungsstufen vorhanden waren.

Für Testzwecke und zur Veranschaulichung wurden diese Klassen auch in die html-Applikation integriert. In folgender Abbildung ist ein Bild der html-Applikation vom 18.01.2026 zu sehen:

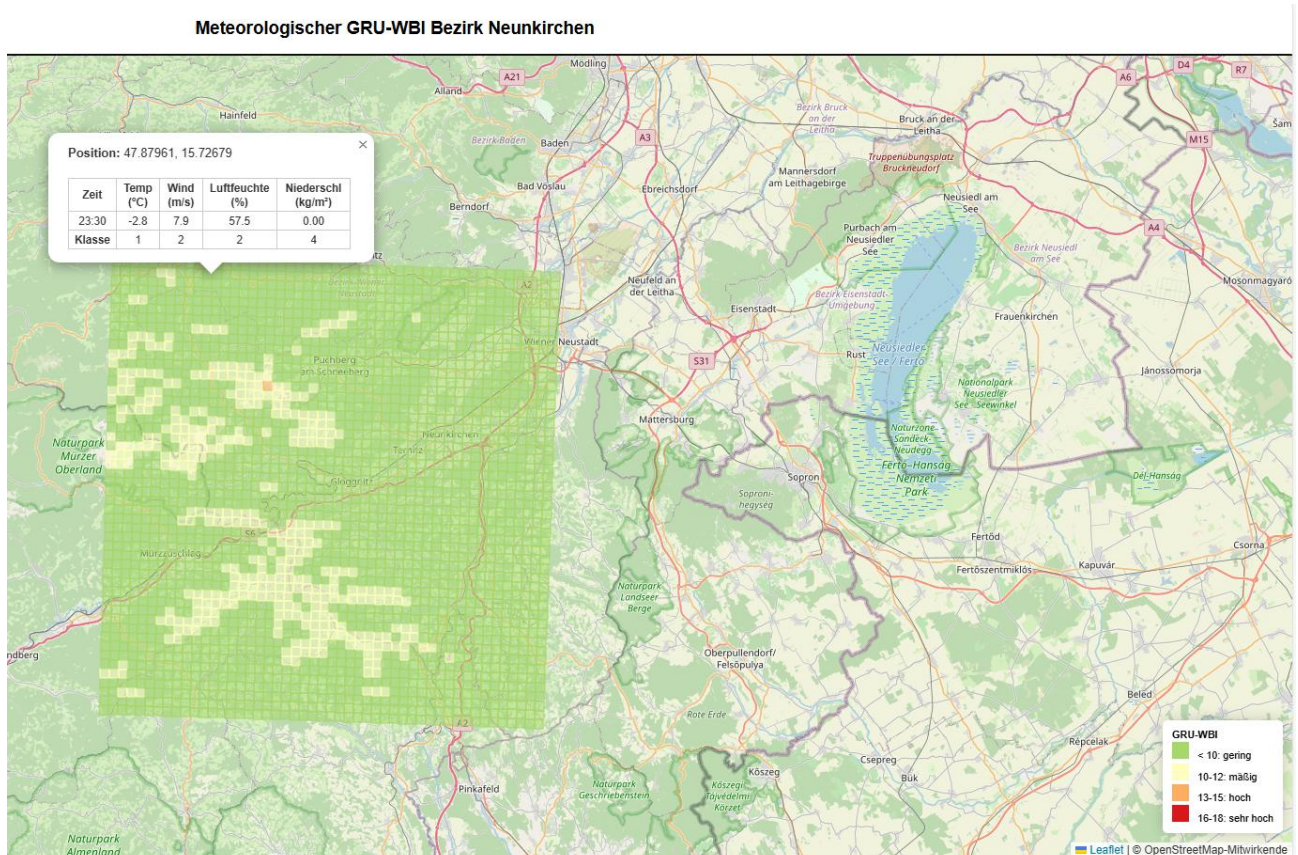


Abbildung 19: GRU-WBI html-Applikation am 18.01.2026 (eigene Darstellung)

Dieses html-Skript zeigt über Popups die vier Wetterparameter zur aktuellen Uhrzeit an einem bestimmten Ort an sowie die Gewichtung. Durch die Berechnung der Summe der Klassen ergibt sich der GRU-WBI-Wert. Jede Klasse wird in einer anderen Farbe dargestellt, die Klassengrenzen sind in der Legende rechts unten zu sehen.

Versuche, HTML-Inhalte in ArcGIS Pro beziehungsweise ArcGIS Online zu importieren, führten zu mehreren Fehlermeldungen. Ebenso war der Versuch, die API direkt über ein ArcGIS-Online-Notebook einzubinden, nicht möglich, da diese Funktionalität dort nicht unterstützt wird. Die Analyse

und Behebung dieser Probleme hätte einen unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand erfordert und wurde daher nicht weiterverfolgt.

Die API sowie die Gewichtungen der einzelnen Parameter wurden daher auch in einem Python-Skript abgerufen, um die einzelnen Wetterdaten für jeden Quadratkilometer in eine csv-Datei zu schreiben und den Wert des GRU-WBI zu berechnen. Der Grund für die Erstellung des Python-Skripts war, dass mithilfe der csv-Datei der GRU-WBI und die zugehörigen Wetterdaten in ArcGIS Online als eigener Layer importiert werden konnten. Mehr Details können dem folgenden Kapitel entnommen werden. Das html- und das Python-Skript befinden sich im Anhang.

6.3.7 Implementierung in Python-Skript und WebMap

Wie schon erwähnt, wurde ein Python-Skript erstellt, das aus der API eine csv-Tabelle mit den Wetterdaten erstellt und den GRU-WBI-Wert von 2-18 berechnet. Mithilfe der csv-Datei konnte der GRU-WBI und die zugehörigen Wetterdaten in ArcGIS Online als eigener Layer importiert werden. In Abbildung 20 ist ein sehr kleiner Tabellenausschnitt einer mit dem Python-Skript generierten csv-Datei zu sehen:

Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
1 longitude	Latitude	timestamp	temperature_C	wind_speed	humidity	precipitation	temp_class	wind_class	hum_class	rain_class	gru_wbi	
2 15.574612617492676	47.450618743896484	2026-01-26T01:15+00:00	-0.76	1.91	70.92	0.0	1	0	1	4	6	
3 15.574995040893555	47.45961380004883	2026-01-26T01:15+00:00	-0.35	0.24	87.83	0.0	1	0	0	4	5	
4 15.575377464294434	47.468605041503906	2026-01-26T01:15+00:00	0.13	1.86	80.42	0.0	2	0	0	4	6	
5 15.575759887695312	47.47760009765625	2026-01-26T01:15+00:00	0.1	5.36	61.39	0.0	2	1	1	4	8	
6 15.576142311096191	47.486595153808594	2026-01-26T01:15+00:00	0.05	8.42	51.52	0.0	2	4	2	4	12	
7 15.57652473449707	47.49558639526367	2026-01-26T01:15+00:00	0.64	3.63	57.46	0.0	2	1	2	4	9	

Abbildung 20: Python-generierter CSV-Tabellenausschnitt des GRU-WBI am 26.01.2026 (eigene Darstellung)

Diese csv-Datei wurde in AGOL als gehosteter Feature Layer importiert, die Daten wurden sodann angezeigt. Die Symbologie der Klassen und die Klassengrenzen wurden in AGOL über Styles vorgenommen.

Die Daten können **aktualisiert** werden, indem das Skript neu ausgeführt wird. Die alten Daten in der csv-Datei werden dadurch mit den neuen überschrieben. Diese neue csv-Datei kann in AGOL beim gehosteten Feature Layer neu hochgeladen werden über „Daten aktualisieren“ -> „Gesamten Feature-Layer überschreiben“. Die getroffenen Einstellungen bleiben erhalten, es wird dann automatisch der Layer in der Webmap, der gehostete Feature-Layer und die in AGOL liegende CSV-Datei

aktualisiert. Die Daten können auch problemlos aktualisiert werden, wenn es in einer Klasse keine Werte gibt.

Wie das Aktualisieren automatisiert werden kann, ist noch offen. Momentan funktioniert es nur manuell wie im obigen Absatz beschrieben. Das vorläufige Ergebnis vom ersten Teil des Tools in der WebMap ist in Abbildung 21 zu sehen:

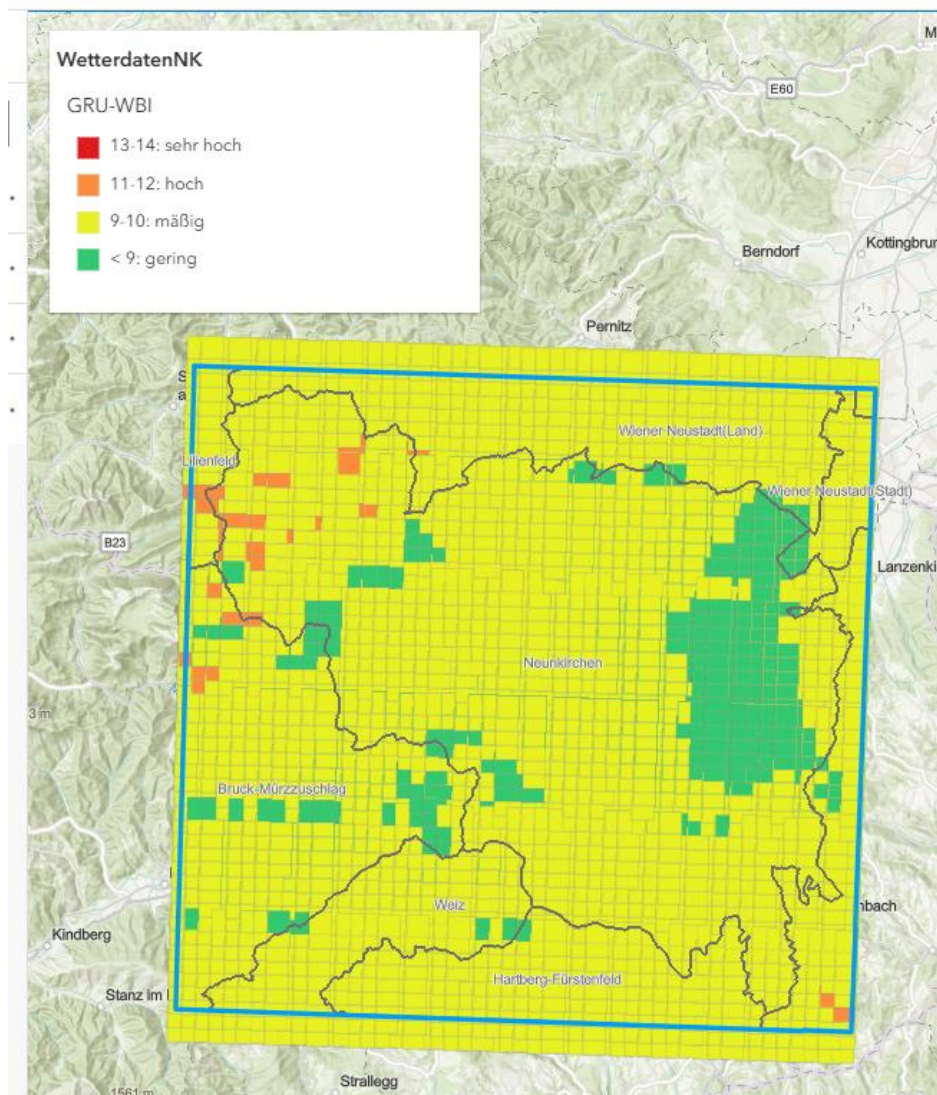


Abbildung 21: GRU-WBI in der ArcGIS Online-WebMap am 05.07.2025 (eigene Darstellung)

6.4 Tool Teil 2: Vorbereitung – Zugänglichkeit des Gebiets

Der erste Teil des Tools beschäftigte sich mit den Wettervariablen, die laufend aktualisiert werden können. In diesem zweiten Teil wurde über den ModelBuilder in ArcGIS Pro ein Layer erstellt, der die Zugänglichkeit des Gebiets in Hinblick auf die Brandbekämpfung darstellt. Dabei wurden, wie schon in Kapitel 6.1 erwähnt, das **Straßen-/Wegenetz**, die **Wasserentnahmestellen** für die Feuerwehr, die **Hangneigung** sowie die **Vegetationsart** miteinbezogen. Hier fließen auch die **Daten des Waldfachplanes**, der speziell für die dienstliche Nutzung für Blaulichtorganisationen entwickelt wurde, ein. Der Zugänglichkeitslayer stellt also nicht nur die Zugänglichkeit im Sinne von physisch erreichbar dar, sondern er berücksichtigt auch die Wasser-, Wege-, Vegetations- und Geländesituation in Bezug auf die Waldbrandbekämpfung.

Für die meisten Schritte wurde die **Software** ArcGIS Pro verwendet, da es in dieser Software einen ModelBuilder gibt, mit dieser Software schon oft gearbeitet wurde und die erstellten Layer direkt online publiziert werden konnten. Trotzdem wurden einige Schritte in QGIS durchgeführt, da es dort subjektiv gesehen leichter war, diese Schritte umzusetzen.

6.4.1 Datenbeschaffung des Projekts Waldfachplan

Um möglichst genaue und aktuelle feuerwehrrelevante Daten, vor allem im Gelände des Untersuchungsgebiets, zu erhalten, wurden die Daten des Waldfachplanes in die Analyse miteinbezogen. Wichtig dabei war, dass die Daten in die Analyse einfließen, aber ausschließlich die daraus gewonnenen Ergebnisse in der Arbeit veröffentlicht werden. Dazu wurde der Projektverantwortliche Stefan Mayerhofer vom Forsttechnischen Büro Mayerhofer kontaktiert, um die Daten für die Analyse verwenden zu dürfen.

Da die Förderwerber bzw. die Auftraggeber die Eigentümer der Daten sind, musste eine schriftliche Zustimmung eingeholt werden, um die Daten verwenden zu dürfen. Das heißt richtigerweise wäre es notwendig gewesen, bei allen 7 Förderwerbern (siehe auch Kapitel 5.4 Auftraggeber und Mitwirkende) um Zustimmung anzusuchen, wenn das Tool die gleiche räumliche Ausdehnung wie das Projektgebiet des WFP haben sollte. (vgl. MAYERHOFER 2025) Um den Prozess zu vereinfachen und zeitlich zu verkürzen, wurde das Tool in dieser Masterarbeit auf den Bezirk Neunkirchen eingeschränkt und die Zustimmungen der beiden Förderwerber **WNSKS** (Wiener Neustädter Stadtwerke und

Kommunal Service GmbH) und **Stadtgemeinde Ternitz** für den Bezirk Neunkirchen eingeholt. Die dafür verwendeten Datennutzungsverträge befinden sich im **Anhang**. Darin wurde unter anderem festgelegt, dass die Rohdaten nicht veröffentlicht werden dürfen, die Daten ausschließlich für diese Masterarbeit verwendet werden und einige weitere Punkte.

6.4.2 Datenquellen

Um die Zugänglichkeit des Gebiets darzustellen, werden benötigt:

- Wegenetz (inkl. TLF-Befahrbarkeit)
 - Feuerwehrspezifische Daten aus dem WFP vom FTB Mayerhofer
- Gewässer (inkl. feuerwehrrelevanter Nutzung)
 - Feuerwehrspezifische Daten aus dem WFP vom FTB Mayerhofer
- Geländeform bzw. Hangneigung
 - DHM: https://www.data.gv.at/katalog/dataset/land-ktn_digitales-gelandemodell-dgm-osterreich#resources
- Art und Dichte der Vegetationsform bzw. Landnutzung
 - OSM Data: <https://download.geofabrik.de/europe/austria.html>

Darüber hinaus werden benötigt:

- Laut den [Metadaten](#) der API ([GeoSphere Austria Data Hub](#)) ist EPSG: 31287
- Bundesland- und Bezirksgrenzen:
 - NÖ: <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/politische-bezirks Grenzen-no-1-1000-open-government-data#resources>
 - Stmk: <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/aa22cd20-395f-11e2-81c1-0800200c9a66#resources>
 - Österreich: https://www.data.gv.at/katalog/de/dataset/stat_gliederung-osterreichs-in-politische-bezirke131e2

6.4.3 Arbeitsschritte und Untersuchungsgebiet

- AGP: Rahmenpunkte erstellt, API-URL angepasst
- Rahmen erstellt, der das Untersuchungsgebiet abdeckt
- Bundesland- und Bezirksgrenzen auf EPSG 31287 umgestellt und auf den Bereich geclippt
- **QGIS**: OSM-Daten geclippt (Tool Clip) und Projektion auf 31287 umgestellt für alle Layer (Tool Reproject)

Feuerwehrspezifische Daten aus dem WFP analysieren und aufbereiten

- Wegenetz
- Fahrhindernis
- Hydranten
- Gewässer fließend
- BOD_5300_Wasser_F_clip (Stehende Gewässer)
- Wasserentnahmestelle_TLF_clip

All diese Layer wurden in QGIS geclippt und auf 31287 umprojiziert (Clip bzw. Reproject Layer). Die Layer Styles wurden mittels Rechtsklick über Styles -> Copy Styles -> All Style Categories kopiert und beim neuen Layer über Styles -> Paste Styles -> All Style Categories eingefügt. Um dies dauerhaft im gpkg zu speichern, wurde Export -> Save as QGIS Layer Style File verwendet:

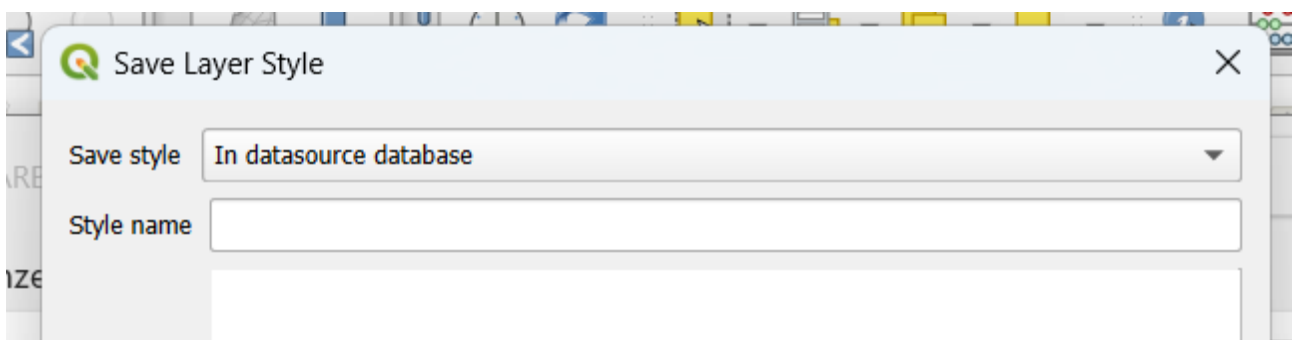


Abbildung 22: Save Layer Style (eigene Darstellung)

Aus unbekannten Gründen funktionierte dieser Workflow nicht für die Gewässerlayer, die aus dem Projekt des Waldfachplanes stammen. Hier wurde alles richtig übernommen, aber die Labels nicht angezeigt. Beim geclippten Layer passte alles, aber sobald der Layer reprojiziert wurde, wurden die Labels nicht angezeigt. Da diese Layer für die weitere Bearbeitung in ArcGIS Pro verwendet wurden und dort ohnehin keine Labels für die Analyse benötigt wurden, wurde dieses Detail nicht weiter beachtet.

6.4.4 Layer Landnutzung

Dieser Layer wurde von frei zugänglichen OSM-Daten heruntergeladen und auf das Untersuchungsgebiet geclippt sowie umprojiziert. Beim Layer Landuse wurde eine neue Einteilung erstellt, da es einerseits wesentlich übersichtlicher ist, weniger Klassen im Tool zu verwenden und es andererseits viel zu aufwändig wäre, mehr Klassen, die sich teilweise sehr ähnlich sind, extra zu berücksichtigen. Deshalb wurden die rund 20 ursprünglichen Landnutzungs-Klassen schlussendlich zu 4 Klassen zusammengefasst. Die Anpassung geschah in mehreren Schritten:

Zuerst wurde die Anzahl der Features für die ursprünglichen Klassen über `count("fclass", group_by:="fclass")` berechnet, um einen ersten Überblick zu erhalten, wie viele Features pro Klasse vorhanden sind. Danach wurde ein neues Feld für die neuen Klassen erstellt und die entsprechenden „alten“ Klassen über *Select by expression* ausgewählt:

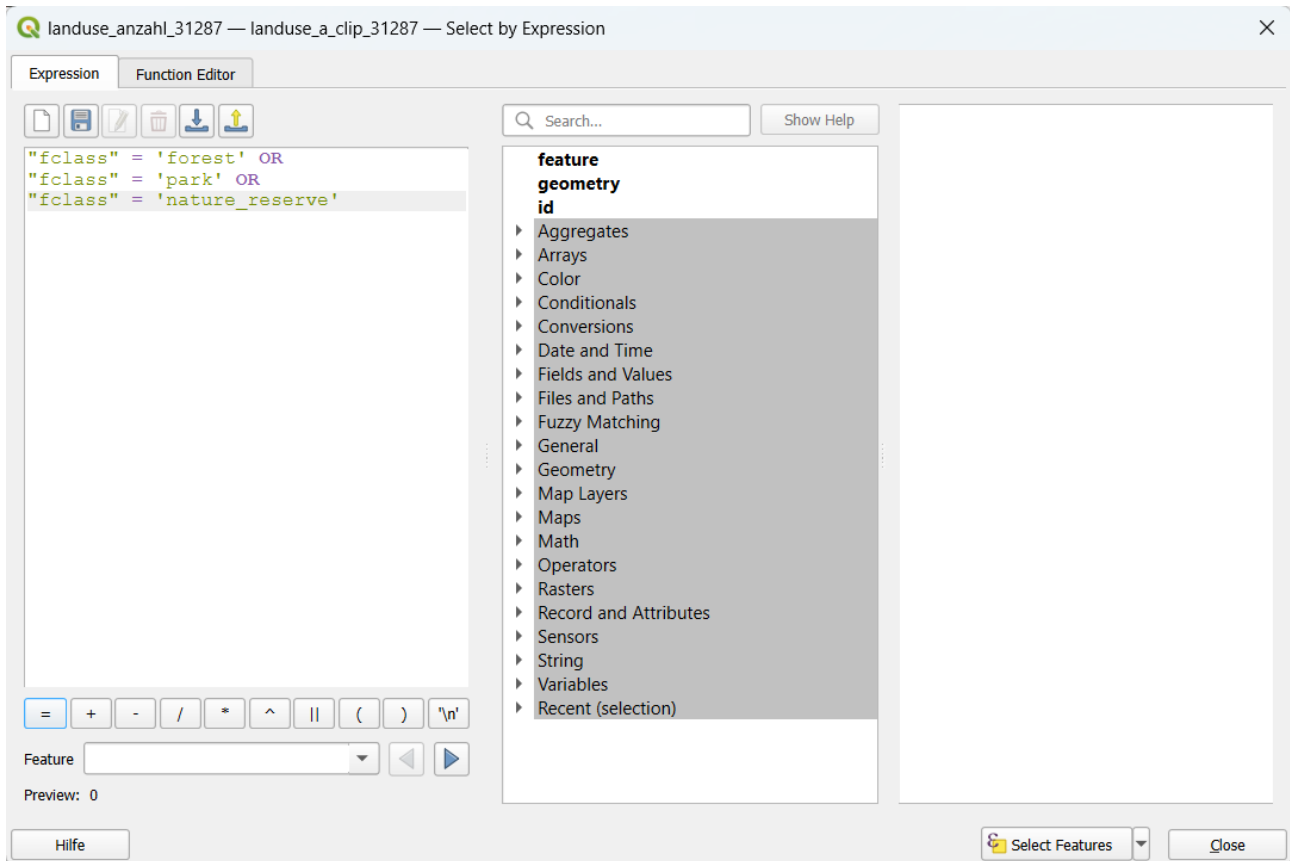


Abbildung 23: Landuse-Klassen Select by expression (eigene Darstellung)

In obiger Abbildung ist der Ausdruck für die neue Klasse „forest“ zu sehen und in der unteren Tabelle die Ausdrücke für alle Klassen.

"fclass" = 'forest' OR

"fclass" = 'allotments' OR

"fclass" = 'park' OR

"fclass" = 'orchard' OR

"fclass" = 'nature_reserve'

"fclass" = 'vineyard'

"fclass" = 'farmland' OR

"fclass" = 'cemetery' OR

"fclass" = 'grass' OR

"fclass" = 'commercial' OR

"fclass" = 'meadow'

"fclass" = 'industrial' OR

"fclass" = 'heath' OR

"fclass" = 'military' OR

"fclass" = 'scrub'

"fclass" = 'quarry' OR

"fclass" = 'residential' OR

"fclass" = 'recreation_ground' OR

"fclass" = 'farmyard'

"fclass" = 'retail'

Tabelle 14: Landuse-Klassen Select by expression (eigene Darstellung)

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die 20 ursprünglichen Klassen und die finalen Klassen und fasst diese zusammen.

Name Englisch	Name Deutsch	Anzahl	1. Klassenein- teilung	Finale Klas- sen
Forest	Wald	4121	Forest	forest
Nature_reserve	Naturschutzgebiet	2		
Park	Park	106		
Farmland	Ackerland	1531	Grass/ Meadow	gras/meadow
Grass	Gras	2342		
Meadow	Wiese/Weide	5718		
Heath	Heide	344	Heath/Scrub	heath/scrub
Scrub	Busch/Gestrüpp/Unterholz	2160		
Allotments	Kleingartensiedlung	33	Garden	human usage
Orchard	Obstgarten	142		
Vineyard	Weingarten	51		
Residential	Wohngebiet	1827	Residential	
Farmyard	Bauernhof	1126		
Cemetery	Friedhof	75	Functional area	
Commercial	wirtschaftlich	79		
Industrial	Industriell	237		
Military	militärisch	6		
Quarry	Steinbruch	467		
Recreation_ground	Erholungsgebiet	13		
Retail	Einzelhandel	24		

Tabelle 15: Landuse Klassenzusammenfassung (eigene Darstellung)

Die 4 finalen Klassen sind also: Forest, gras/meadow, heath/scrub, human usage.

Difference-Landuse

Die Flächen, die nicht vom Layer landuse abgedeckt wurden, wurden mit dem *Difference*-Tool ermittelt und mit *Multipart to Singlepart* räumlich getrennt (landuse_difference_single_31287). Dann wurden die neuen Flächengrößen über *\$area* berechnet.

Bei diesem neuen Layer wurden die Flächen auch eigenen Klassen zugewiesen: hauptsächlich für Flächen in Gipfelnähe bzw. in der Natur (natural) und manchmal für menschlich genutzte Flächen wie Straßen oder Teile von Siedlungen (human usage).

Dadurch konnte eine lückenlose Flächennutzung gewährleistet werden, durch diesen zweiten Layer gab es keine Stellen mehr im Untersuchungsgebiet ohne eine Flächennutzung. Kurz gesagt gibt es zwei Layer für die Landnutzung: der erste aus den OSM-Daten und der zweite (Difference-Landuse), der die Gebiete abdeckt, die im ersten Landnutzungslayer nicht inkludiert sind.

6.4.5 Wegenetz

Auch das Wegenetz wurde bearbeitet, bevor es im ModelBuilder weiterverwendet wurde. Dieses stammt ursprünglich ebenfalls von den feuerwehrspezifischen Daten des Waldfachplans. Es wurden in einem ersten Schritt alle Klassen analysiert und zusammengefasst.

Klasse „nicht klassifiziert“: Diese enthielt genau 4 Features, siehe Abbildung 24. Dabei handelte es sich um sehr kurze (kürzer als 300m) Straßenabschnitte in Wimpassing, Flatz und Mönichkirchen.

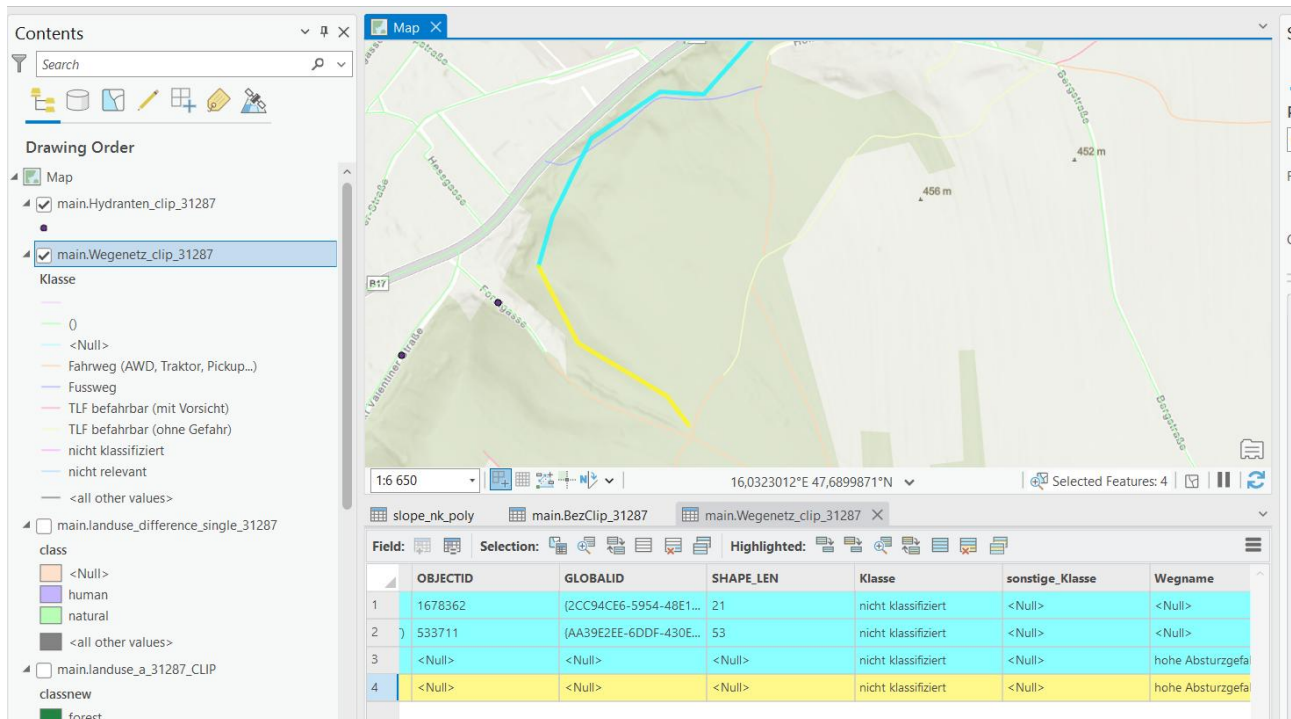


Abbildung 24: Klasse „nicht klassifiziert“ des Wegenetz-Layers aus dem Waldfachplan (eigene Darstellung)

Klasse „()“: Diese Klasse beinhaltete Hauptstraßen, die nicht in waldigem Gebiet lagen und sollten ohne Probleme befahrbar sein. Siehe folgende Abbildung:

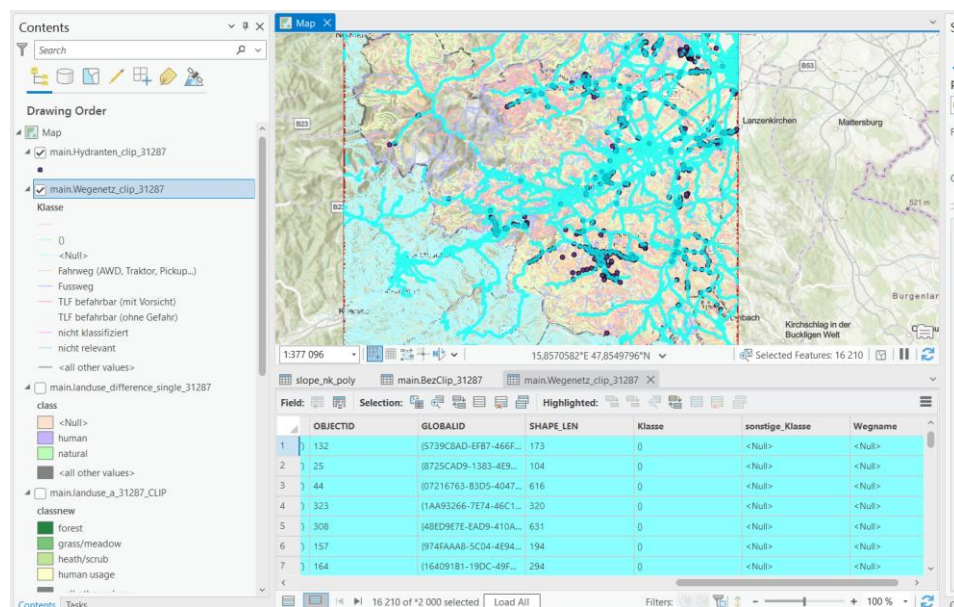


Abbildung 25: Klasse „()“ aus dem Wegenetz des WFP (eigene Darstellung)

Klasse „“: Diese Klasse enthielt 116 Straßenstücke, die genau wie die Straßenabschnitte der Klasse „()“ ohne Probleme befahrbar sein sollten. Siehe Abbildung 26:

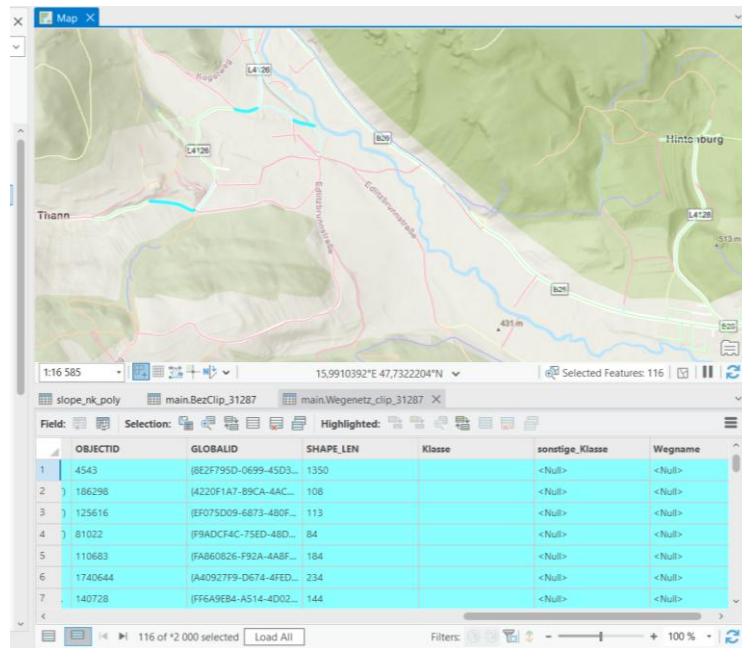


Abbildung 26: Klasse "" des Wegenetzes (eigene Darstellung)

Klasse „<Null>“:

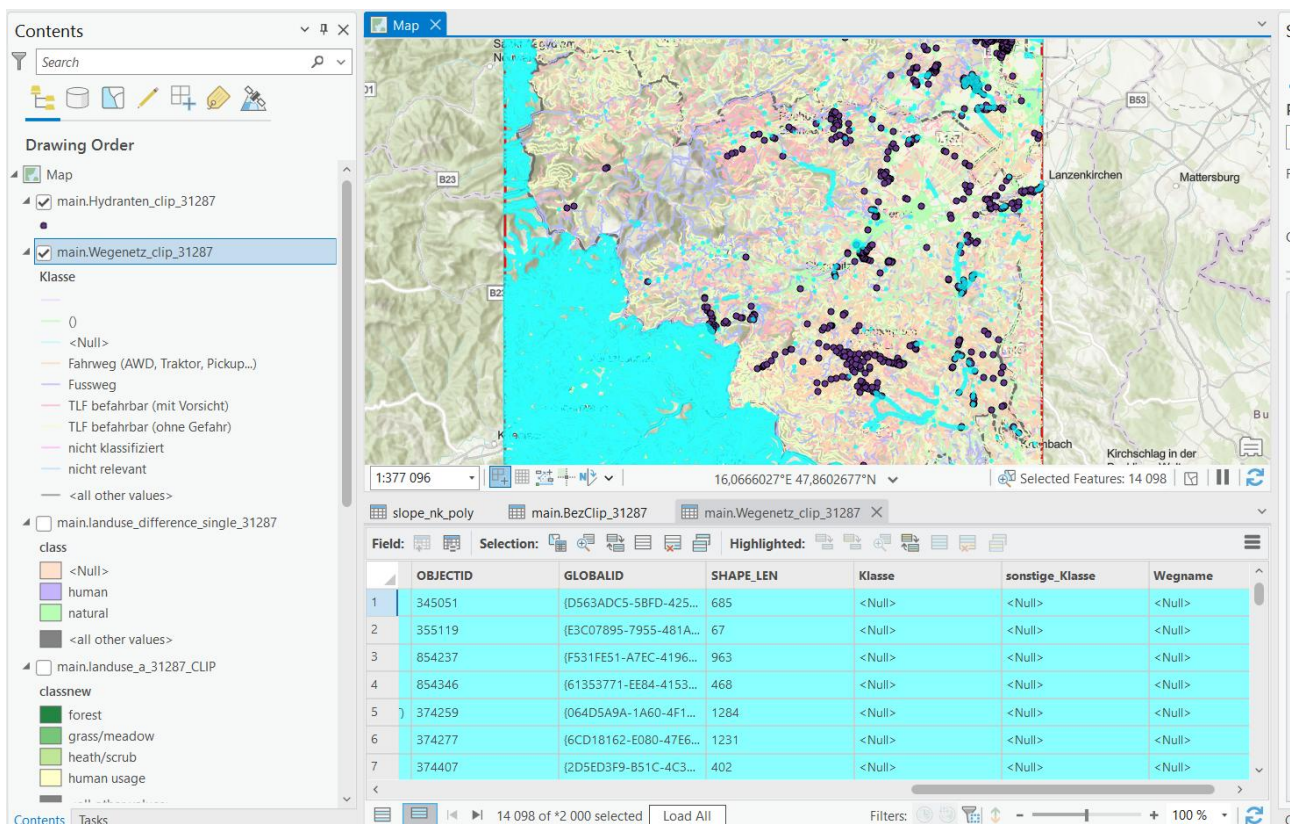


Abbildung 27: Klasse „<Null>“ aus dem Wegenetz (eigene Darstellung)

Diese enthielt hauptsächlich Straßen in der Steiermark, im Bezirk Neunkirchen aber befahrbare Straßen, wie auch in obiger Abbildung 27 zu sehen ist. Durch einen späteren Clip auf den Bezirk Neunkirchen fallen die meisten Straßen dieses Layers weg.

Wie schon vorhin angemerkt, wurden alle vier Klassen zu einer neuen zusammengefügt (*streets*). Dafür wurde in QGIS beim Wegenetz-Layer ein neues Field *Klasse2* erstellt, das die ursprünglichen Klassen enthielt und über *Select* wurden alle Features der vier oben beschriebenen Klassen ausgewählt und sodann der neue Wert *streets* berechnet. Als letzten Schritt wurde der Layer auf den Bezirk Neunkirchen geclippt. Der fertige Wegenetz-Layer hatte zum Schluss den Namen „main.Wegenetz_clipNK_31287“.

6.4.6 Wasserentnahmestellen

Neben allfälligen rechtlichen Anforderungen an Wasserentnahmestellen sind nachstehende Punkte in der Vegetationsbrandbekämpfung besonders zu beachten:

- Berücksichtigung von Löschwasserentnahmestellen, die auch bei großer Trockenheit nutzbar sind (dies ist bei den Wasserentnahmestellen gegeben, die als **ganzjährig nutzbar laut WFP** gekennzeichnet sind)
- Leichte Erreichbarkeit bzw. Zugänglichkeit und Entnahmemöglichkeiten
- Wasserförderung über längere Wegstrecken planen (Schlauchlängen, Höhenunterschiede, Pumpenstandplätze)

(vgl. ÖBFV 2024)

Leichte Erreichbarkeit wurde für diese Masterarbeit folgendermaßen definiert:

- Alle ganzjährig nutzbaren Gewässertypen (fließende, stehende, Hydranten, TLF-Wasserentnahmestellen) mit Wegen TLF ohne Gefahr im Umkreis von 30 Meter
- Stehende Gewässer ganzjährig nutzbar: Buffer 1000 Meter
- Fließende Gewässer ganzjährig nutzbar: Buffer 1000 Meter

Mäßige Erreichbarkeit dementsprechend:

- Stehende Gewässer ganzjährig nutzbar
- Fließende Gewässer ganzjährig nutzbar

Schwere Erreichbarkeit dementsprechend:

- Stehende Gewässer nicht ganzjährig nutzbar
- Fließende Gewässer nicht ganzjährig nutzbar

Sehr schwere Erreichbarkeit:

- Die restlichen Gebiete, wo es keine nahen Wasserentnahmestellen gibt

6.4.7 Hangneigung

Um die Hangneigung im Analysemodell verwenden zu können, wurden folgende Schritte am DHM durchgeführt:

- DHM (Clip raster by extent) auf Bereich geclippt
- DHM (warp reproject) auf 31287
- DHM: GDAL Hillshade und Slope berechnet

Mit dem Tool „Slope“ wurde die Hangneigung berechnet. Da diese als Rasterdatei in ArcGIS Online nicht publiziert werden konnte, musste die Hangneigung in ein Polygon umgewandelt werden. Dazu wurde mit dem Tool „Raster to polygon“ ein Polygon in ArcGIS Pro erstellt. Dieses wurde dann verwendet, um beim fertigen Tool in ArcGIS Online die Hangneigung separat darzustellen.

6.5 Tool Teil 2: Gesamtes Analysemodell

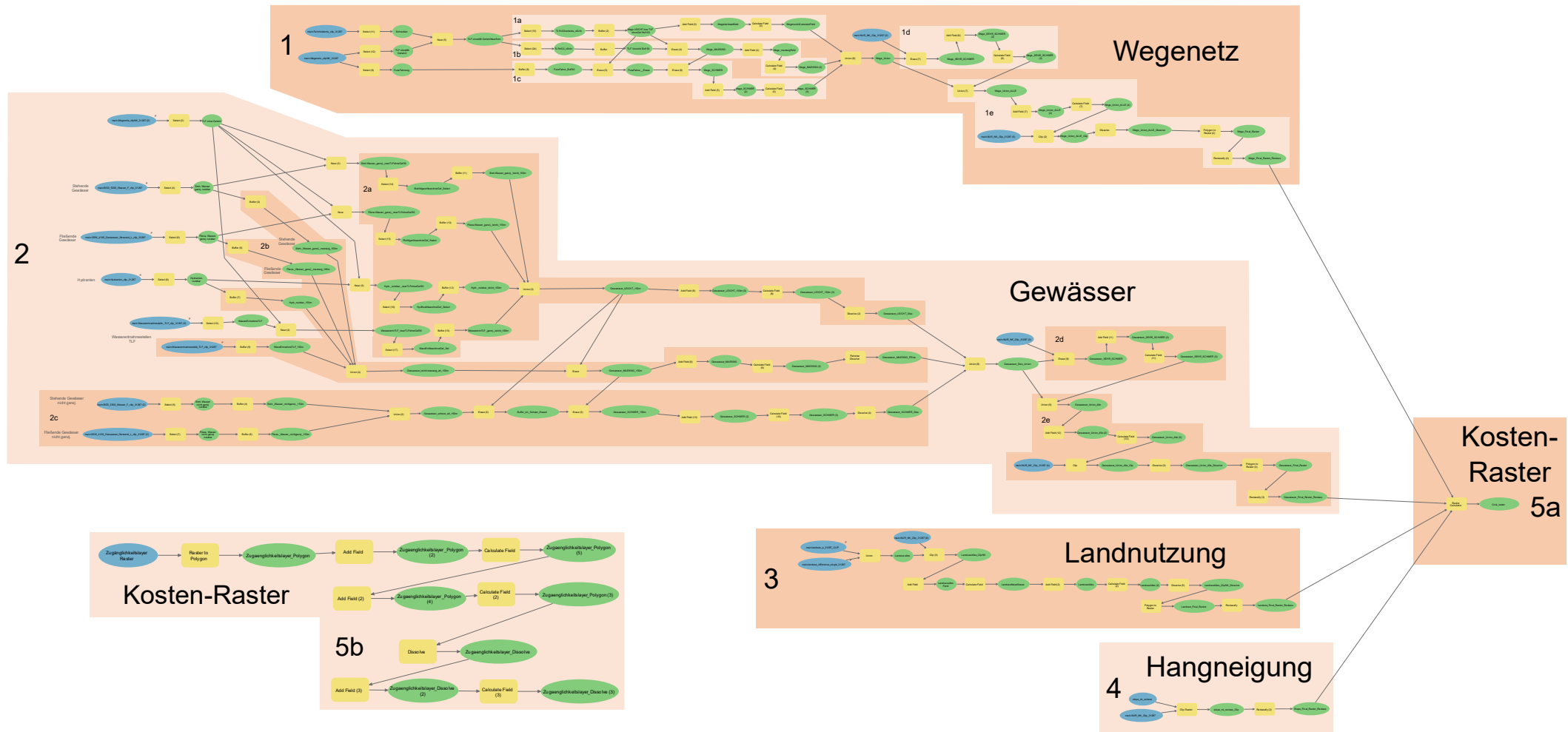


Abbildung 28: Gesamtes Analysemodell des Zugänglichkeitslayers (eigene Darstellung)

Nachdem die Vorbereitungen abgeschlossen waren, wurde obiges Analysemodell (Abbildung 28) im Modelbuilder von ArcGIS Pro erstellt. Dieses Modell dient der automatisierten Erzeugung eines kombinierten Kostenrasters („Cost Surface“) auf Basis von:

- Befahrbarkeit und Nähe zu Wegen
- Erreichbarkeit und Nutzbarkeit von Gewässern und Wasserstellen
- Landnutzungsklassen
- Hangneigung

Es wurde im **ArcGIS Pro ModelBuilder** erstellt und bildet mehrere thematische Teilbereiche ab, die am Ende zu einem End-Kostenmodell zusammengeführt werden.

Ausgangsdaten

- Wegenetz (verschiedene Befahrbarkeitsklassen)
- Wasserentnahmestellen für TLF
- Hydranten
- Fließende und stehende Gewässer
- OSM-Landnutzung
- Differenz-Landnutzungsklassen
- Rasterdaten zur Hangneigung

Gesamtübersicht

Das Modell besteht aus fünf Hauptmodulen:

1. Wege-Analyse

- a. Wege leicht
- b. Wege mäßig
- c. Wege schwer
- d. Wege sehr schwer
- e. Zusammenfügung der 4 Wege-Kategorien und weitere Anpassung

2. Gewässer-Analyse

- a. Gewässer leicht
- b. Gewässer mäßig
- c. Gewässer schwer
- d. Gewässer sehr schwer
- e. Zusammenfügung der 4 Gewässer-Kategorien und weitere Anpassung

3. Landnutzungs-Analyse

5 Kategorien basierend auf den Landnutzungsklassen

4. Slope/Hangneigungs-Analyse

5 Kategorien nach der Hangneigung in °

5. Kostenraster

- Addition und Reklassifikation der 4 vorigen Hauptmodule/Themenebenen nach ihrer Gewichtung
- Umwandlung in ein Polygon und weitere Anpassung für ArcGIS Online

Im Folgenden werden diese Hauptmodule näher beschrieben.

6.5.1 Nr. 1: Wege

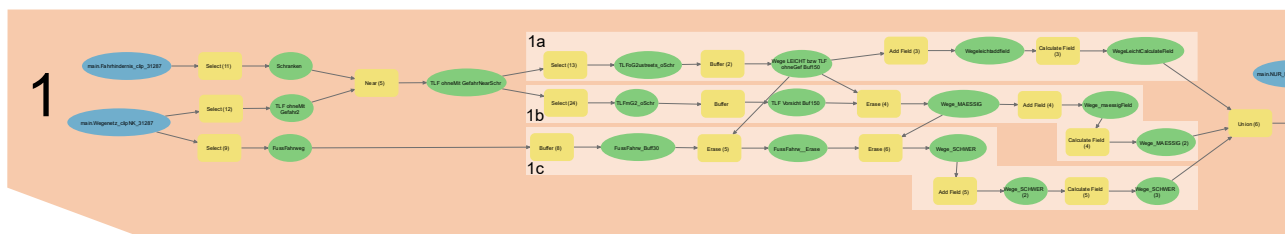


Abbildung 29: Modell der Wege 1a, 1b, 1c (eigene Darstellung)

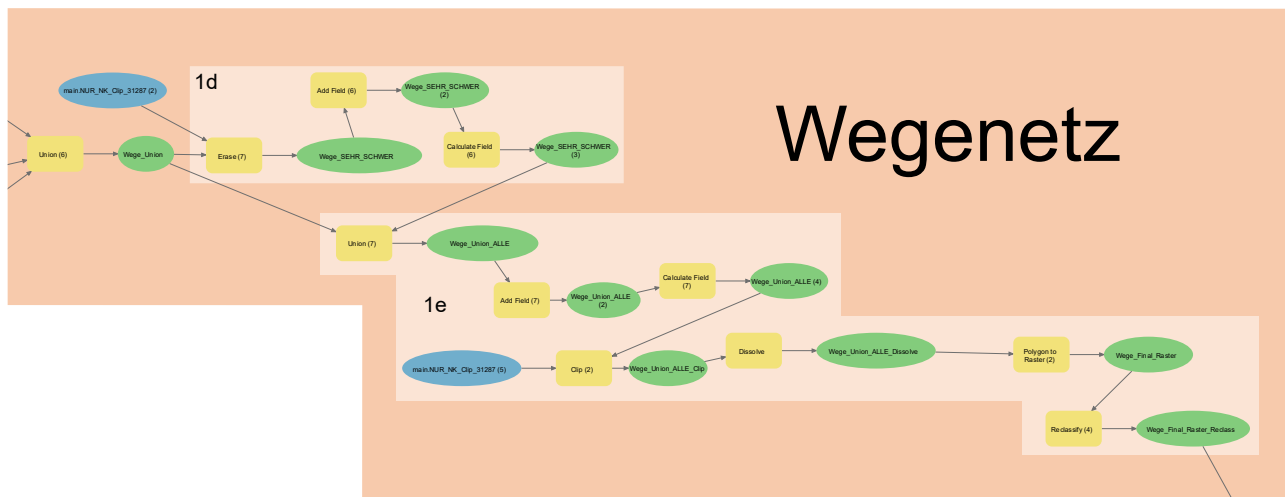


Abbildung 30: Modell der Wege 1d, 1e (eigene Darstellung)

In Abbildung 29 und Abbildung 30 sind die Schritte, die benötigt werden, um das Wegenetz aufzubereiten, zu sehen.

Kurzübersicht:

- **1 Selektion von Wegklassen**
 - TLF befahrbar (ohne Gefahr / mit Vorsicht)
 - Straßen
 - Fahrwege und Fußwege
 - Schranken (als Hindernisse)
- **2 Entfernung zu Schranken**
 - Near-Analyse mit 3-m-Suchradius
 - Wege mit Schranken werden ausgeschlossen.
- **3 Bildung von Befahrbarkeitszonen**

Für die verschiedenen Wegekategorien wurden 150m-Puffer gebildet:

 1. **Wege LEICHT**
 2. **Wege MÄSSIG** (LEICHT wird herausgeschnitten)
 3. **Wege SCHWER** (Fuß-/Fahrwege minus leichter Klassen)
 4. **Wege SEHR SCHWER** (Restfläche ohne Wege)
- **4 Zusammenführung und Umwandlung in einen Raster**
 - Union aller Wegeklassen
 - Klassifizierung im Feld *WegeKlasse*
 - Umwandlung in Raster (100 m)
 - Reclassify der Werte auf Kostenklassen (1–4)

Ergebnis: *Wege_Final_Raster_Reclass*

Um das Wegenetz passend aufzubereiten, wurde neben dem Wegenetz-Layer auch der Fahrhinder-
nis-Layer (Schranken) miteinbezogen. Weiters wurden auch **Fußwege** in der Klasse „Wege SCHWER“
berücksichtigt, weil im Gelände oft nur Fußwege und keine anderen Straßen vorhanden sind. Dabei
wurde ein Buffer von **30m** für Fußwege festgelegt, um den Faktor Mensch bzw. menschliche Aktivi-
täten im Gelände modellhaft zu berücksichtigen.

Bei **Wegen**, die **TLF befahrbar** sind (ohne Gefahr und mit Vorsicht), wurde ein Buffer von 150m an-
gewendet, unter der Annahme, dass vom Weg aus eine Schlauchleitung gelegt werden kann, mit
der eine Distanz von **150m** abseits der Wege gelöscht werden kann.

Das Untersuchungsgebiet wurde daher anhand des Wegenetzes in insgesamt vier Zugänglichkeitsstufen mit folgender Gewichtung aufgeteilt, Definition siehe folgende Tabelle:

Kategorie	Beschreibung	Gewichtung
Wege Erreichbarkeit		
Wege leicht	Straßen, die TLF-befahrbar sind, sind im Umkreis von 150m vorhanden	1
Wege mäßig	Straßen, die nicht TLF-befahrbar sind, sind im Umkreis von 150m vorhanden	2
Wege schwer	Fuß-/Fahrwege sind im Umkreis von 150m vorhanden	3
Wege sehr schwer	Keine Wege im Umkreis von 150m	4

Tabelle 16: Wegenetz – Beschreibung und Gewichtung der Erreichbarkeitsklassen (eigene Darstellung)

Zuerst wurden aus dem Fahrhindernis-Layer mit dem *Select*-Tool die Schranken ausgewählt und aus dem Wegenetz-Layer die Straßen, die TLF-befahrbar sind und auch die, die nicht TLF-befahrbar sind. Mit dem *Near (5)*-Tool wurden sodann alle Straßen ermittelt, die im Umkreis von 3 Meter einen Schranken haben.

Mit den nächsten beiden *Selects* (13) und (24) wurden die Straßen ohne Schranken ausgewählt und in TLF-befahrbar sowie nicht TLF-befahrbar aufgeteilt. Mit zwei anschließenden *Buffer* wurden dann daraus die Gebiete ermittelt, die über **Wege leicht** (1a in Abbildung 28 und Abbildung 29) und **mäßig** (1b) zugänglich sind.

Die Fuß- und Fahrwege wurden ebenfalls selektiert und gebuffert (*Buffer (8)*), um die über **Wege schwer** (1c) erreichbaren Gebiete zu ermitteln.

Anschließend wurden die Flächen aller drei Kategorien, die von mehreren Buffern abgedeckt waren, mittels *Erase* bereinigt. Allen drei Kategorien wurde ein neues Feld hinzugefügt (*Add Field (3), (4), (5)*) und über *Calculate Field (3), (4), (5)* die Beschreibungen „Wege leicht“, „Wege mäßig“ und „Wege schwer“ hinzugefügt.

In Abbildung 28, Abbildung 29 und Abbildung 30 sind diese Abläufe für **Wege leicht** unter 1a, für **Wege mäßig** unter 1b und für **Wege schwer** unter 1c zu sehen. Diese drei Kategorien wurden über *Union (6)* zu einem einzigen Layer zusammengefügt.

Im Bereich 1d wurden die **sehr schwer** zugänglichen **Wege** berechnet. Mittels *Erase (7)* wurden vom Layer, der den ganzen Bezirk abdeckt, der vorhin erstellte Layer der drei anderen Klassen abgezogen, sodass alle anderen Flächen übrig blieben. Auch hier wurde ein neues Feld „Wege sehr schwer“ hinzugefügt.

Danach wurden im Bereich 1e beide Layer über *Union (7)* vereinigt, um einen Layer zu erhalten, der alle vier Kategorien enthält. Nun gab es mehrere Features, die teilweise sehr klein waren und wo zwei Kategorien gleichzeitig zugewiesen wurden (siehe auch Abbildung 31):

	OBJECTID_1 *	geom *	Wege	Wege	Wege	g_id	g_name	Wege
1	1	Polygon	Wege LEICHT					
2	2	Polygon		Wege SCHWER				
3	3	Polygon			Wege MAESSIG			
4	4	Polygon	Wege LEICHT	Wege SCHWER				
5	5	Polygon				318	Neunkirchen	Wege SEHR SCHWER
6	6	Polygon	Wege LEICHT			318	Neunkirchen	Wege SEHR SCHWER
7	7	Polygon		Wege SCHWER		318	Neunkirchen	Wege SEHR SCHWER
8	8	Polygon			Wege MAESSIG	318	Neunkirchen	Wege SEHR SCHWER

Abbildung 31: Wege_Union_ALLE Attributtabelle (eigene Darstellung)

Daher wurde wieder ein neues Feld (7) angelegt und mit *Calculate Field (7)* berechnet:

```
"Wege LEICHT" if !Wege! == "Wege LEICHT" else "Wege MAESSIG" if !Wege_12! == "Wege MAESSIG" else "Wege SCHWER" if !Wege_1! == "Wege SCHWER" else "Wege SEHR SCHWER"
```

Schließlich wurde der Layer auf den Bezirk Neunkirchen geclippt, die einzelnen Features über *Dissolve* zusammengefügt, das Ganze über *Polygon to Raster (2)* in einen Raster umgewandelt und reklassifiziert. Dieser letzte Schritt, *Reclassify (4)*, änderte nichts an den Daten. Er wurde deshalb hinzugefügt, falls eine andere Gewichtung / Punkteverteilung der vier Klassen gewünscht wird.

In folgender Abbildung ist das Ergebnis der Erreichbarkeitsanalyse bezogen auf die Wegesituation zu sehen (Wege_Final_Raster):

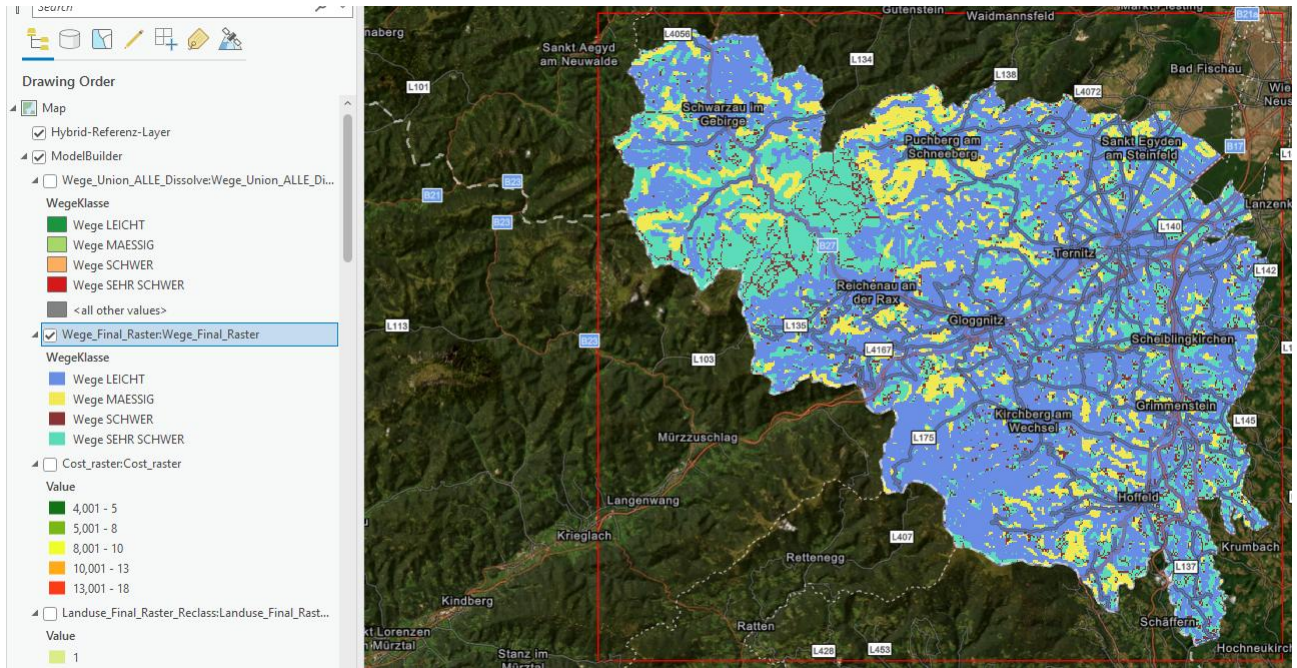


Abbildung 32: Erreichbarkeit anhand Wegeverfügbarkeit (eigene Darstellung)

6.5.2 Nr. 2: Gewässer

In den folgenden 3 Abbildungen (Abbildung 33, Abbildung 34 und Abbildung 35) sind die Schritte abgebildet, die benötigt wurden, um den Gewässer-Layer passend aufzubereiten.

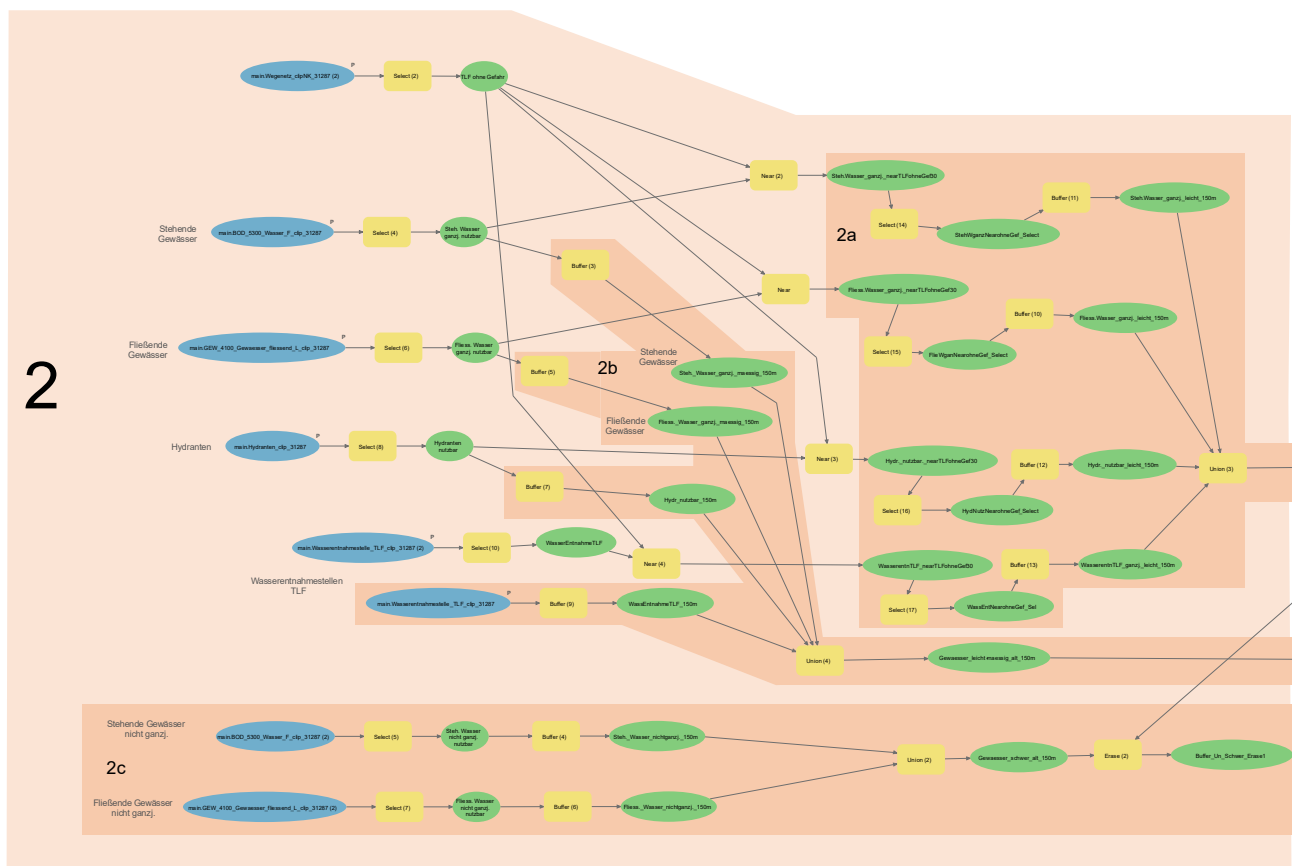


Abbildung 33: Modell der Gewässer 2a, 2b, 2c links (eigene Darstellung)

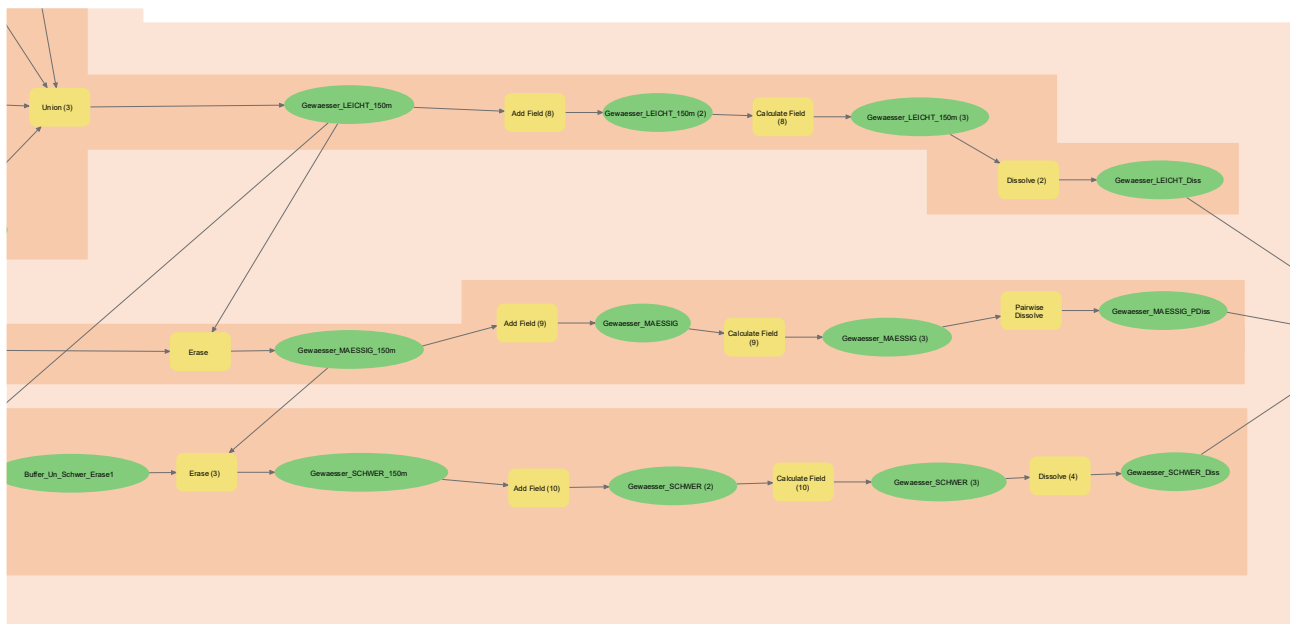


Abbildung 34: Modell der Gewässer 2a, 2b, 2c rechts (eigene Darstellung)

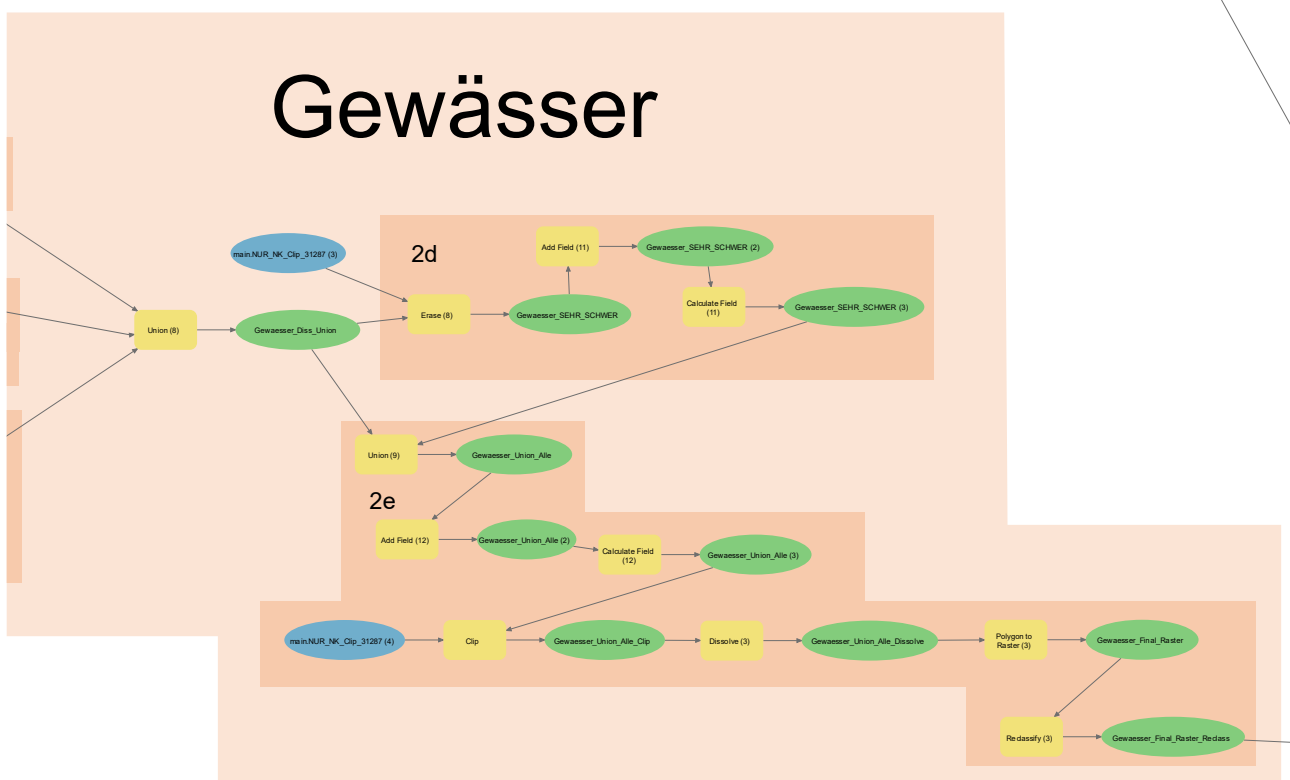


Abbildung 35: Modell der Gewässer 2d, 2e (eigene Darstellung)

Kurzübersicht:

- **1 Selektion nach Nutzbarkeit**
 - „ganzjährig nutzbar“ in der Nähe von TLF-befahrbaren Wegen (stehende, fließende Gewässer, Hydranten, TLF-Entnahmestellen)
 - „ganzjährig nutzbar“
 - „nicht ganzjährig nutzbar“ für stehende und fließende Gewässer
 - Gebiete ohne Wasserentnahmestellen
- **2 Erreichbarkeit (Near-Analyse)**
 - Entfernung zu TLF-ohne-Gefahr (30 m Puffer)
 - Nur ausreichend nahe Wasserstellen werden für „Gewaesser Leicht“ berücksichtigt
- **3 Bildung von Gewässerzonen**

Für die verschiedenen Gewässerkategorien wurden 1000m-Puffer gebildet:

 1. **Gewaesser LEICHT**
 2. **Gewaesser MÄSSIG**
 3. **Gewaesser SCHWER**
 4. **Gewaesser SEHR SCHWER**
- **4 Umwandlung in einen Raster**
 - Dissolve nach Klassennamen
 - Polygon to Raster (100 m)
 - Reclassify (Kostenklassen 1–4)

Ergebnis: *Gewaesser_Final_Raster_Reclass*

Bei den Gewässern wurden stehende und fließende Gewässer sowie TLF-Wasserentnahmestellen und Hydranten einbezogen. Die stehenden und fließenden Gewässer wurden unterteilt in jene, die ganzjährig nutzbar sind und jene, die nicht ganzjährig nutzbar sind. Bei den Hydranten und TLF-Entnahmestellen gab es lediglich die Attribute nutzbar und nicht nutzbar.

Das Untersuchungsgebiet wurde daher anhand der Definitionen in Kapitel 6.4.6 und der Gewässer-
verfügbarkeit in insgesamt vier Erreichbarkeitsstufen mit folgender Gewichtung aufgeteilt:

Kategorie	Beschreibung	Gewichtung
Gewässer Erreichbarkeit		
Gewässer leicht	Ganzjährig nutzbare Wasserentnahmestellen, die leicht zugänglich sind, sind im Umkreis von 1km vorhanden	1
Gewässer mäßig	Ganzjährig nutzbare Wasserentnahmestellen sind im Umkreis von 1km vorhanden	2
Gewässer schwer	Nicht ganzjährig nutzbare Wasserentnahmestellen sind im Umkreis von 1km vorhanden	3
Gewässer sehr schwer	Keine Wasserentnahmestellen im Umkreis von 1km	4

Tabelle 17: Gewässernetz – Beschreibung und Gewichtung der Erreichbarkeitsklassen (eigene Darstellung)

„**Gewässer leicht**“ sind in der Abbildung 28, Abbildung 33 und Abbildung 34 unter 2a zu sehen, „**Gewässer mäßig**“ unter 2b und „**Gewässer schwer**“ unter 2c.

Zuerst wurden die ganzjährig nutzbaren Gewässer einzeln selektiert. Dann wurde wieder einzeln für jeweils die stehenden, fließenden Gewässer, und Hydranten und TLF-Entnahmestellen durch die Near-Tools diejenigen Gewässer ermittelt, wo TLF-ohne-Gefahr-befahrbare Wege in der Nähe sind. Diese wurde als leicht zugänglich definiert. Nachdem diese einzeln gebuffert wurden, wurden sie über *Union (3)* zu einem gemeinsamen Layer zusammengefasst. Nachdem mit *Add Field (8)* und *Calculate Field (8)* ein Field mit der Beschreibung „**Gewässer leicht**“ ergänzt wurde, wurde mittels *Dissovle (2)* die einzelnen Features zu einem einzigen zusammengefügt.

Als nächstes wurden dieselben Gewässer wie vorhin einzeln selektiert und gebuffert, bevor sie mittels *Union (4)* zusammengefasst wurden. Das Ergebnis war ein Layer, der sowohl die Features von „Gewässer leicht“, als auch von „Gewässer mäßig“ enthielt. Durch das Tool *Erase* wurden anschließend die Features von „Gewässer leicht“ entfernt, sodass nur die gewünschten Features übrig blieben. Nachdem mit *Add Field (9)* und *Calculate Field (9)* ein Field mit der Beschreibung „**Gewässer mäßig**“ ergänzt wurde, wurde mittels *Pairwise Dissovle* die einzelnen Features zu einem einzigen zusammengefügt.

Um die „**Gewässer schwer**“ zu ermitteln, wurden die nicht ganzjährig nutzbaren stehenden und fließenden Gewässer selektiert, gebuffert und über *Union (2)* zusammengefasst. Um Überschneidungen mit den „leichten“ und „mäßigen“ Gewässerflächen zu vermeiden, wurden diese mittels *Erase (2)* und *(3)* entfernt. Danach wurde mit *Add Field (10)* und *Calculate Field (10)* ein Feld mit der Beschriftung „Gewässer schwer“ erstellt und auch hier die Features über *Dissolve (4)* vereinigt.

Anschließend wurden diese drei Layer über *Union (8)* zusammengefasst. In Abbildung 28, Abbildung 33 und Abbildung 34 sind diese Abläufe für **Gewässer leicht** unter 2a, für **Gewässer mäßig** unter 2b und für **Gewässer schwer** unter 2c zu sehen.

Im Bereich 2d, der in Abbildung 28 und Abbildung 35 visualisiert wurde, wurden die **sehr schwer** zugänglichen **Gewässer** berechnet. Mittels *Erase (8)* wurden vom Layer, der den ganzen Bezirk abdeckt, der vorhin erstellte Layer der drei anderen Klassen abgezogen, sodass alle anderen Flächen übrig blieben. Auch hier wurde ein neues Feld „Gewässer sehr schwer“ hinzugefügt.

Danach wurden im Bereich 2e beide Layer über *Union (9)* vereinigt, um einen Layer zu erhalten, der alle vier Gewässer-Kategorien enthält. Nun gab es auch hier mehrere Features, die teilweise sehr klein waren, weshalb wieder ein neues Feld (12) angelegt und mit *Calculate Field (12)* berechnet wurde:

```
"Gewaesser LEICHT" if !Gewaesser! == "Gewaesser LEICHT" else "Gewaesser MAESSIG"
if !Gewaesser_1! == "Gewaesser MAESSIG" else "Gewaesser SCHWER" if !Gewaesser_12!
== "Gewaesser SCHWER" else "Gewaesser SEHR SCHWER"
```

Schließlich wurde, analog wie für den Wege-Layer, der Gewässer-Layer auf den Bezirk Neunkirchen geclippt, die einzelnen Features über *Dissolve (3)* zusammengefügt, das Ganze über *Polygon to Raster (3)* in einen Raster umgewandelt und reklassifiziert. Dieser letzte Schritt, *Reclassify (3)*, änderte nichts an den Daten. Er wurde deshalb hinzugefügt, falls eine andere Gewichtung / Punkteverteilung der vier Klassen gewünscht wird.

In untenstehender Abbildung ist das Ergebnis der Erreichbarkeitsanalyse bezogen auf die Gewässersituation zu sehen (Gewaesser_Final_Raster):

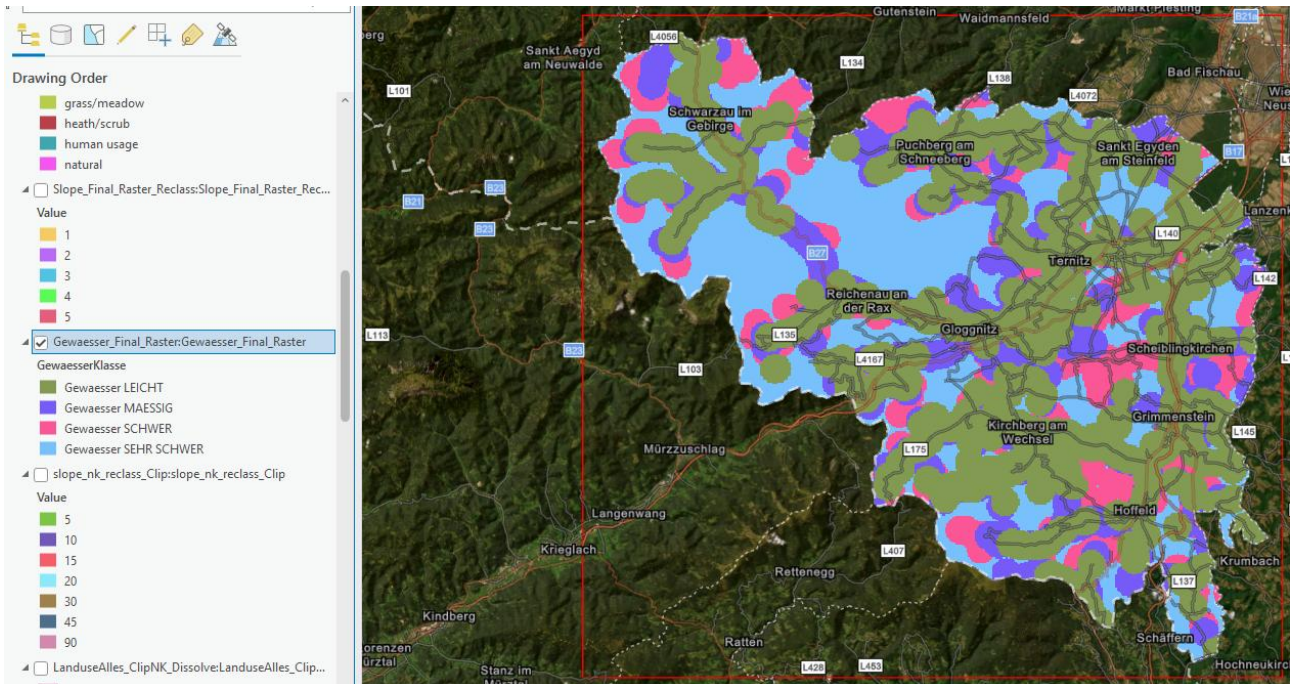


Abbildung 36: Erreichbarkeit anhand der Gewässerverfügbarkeit (eigene Darstellung)

6.5.3 Nr. 3: Landnutzung

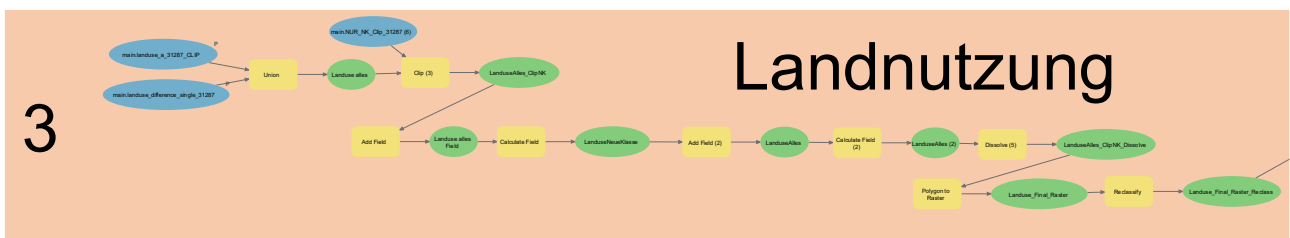


Abbildung 37: Modell der Landnutzung (eigene Darstellung)

In obiger Abbildung ist eine Übersicht über die Aufbereitung des Landnutzungs-Layers zu sehen.

Kurzübersicht:

- **1 Zusammenführung der Landnutzungen**
 - Union von OSM-Landuse und eigener erstellter Layer Differenz-Single-Landuse
 - Clip auf Untersuchungsgebiet
- **2 Neuklassifizierung**
 - Feld „NeueKlasse“ (um alle Kategorien in derselben Attributspalte zu haben)
 - Feld „LanduseFinal“ (um „NeueKlasse“ weiter zu bereinigen)

- **3 Vereinheitlichung und Rasterisierung**

- Dissolve nach LanduseFinal
- Polygon-to-Raster (100 m)
- Reclassify (Mapping auf Werte 1–5)

Ergebnis: *Landuse_Final_Raster_Reclass*

Die hier beschriebenen Schritte sind auch auf Abbildung 28 und Abbildung 37 ersichtlich. Zuerst wurden die beiden Landuse-Layer zu einem Layer über *Union* zusammengefasst, mit *Clip (3)* auf den Bezirk Neunkirchen zugeschnitten und folgende Gewichtung festgelegt:

Kategorie Landnutzung Erreichbarkeit	Gewichtung
Human usage	1
Grass/meadow	2
Forest	3
Heath/scrub	4
Alpine	5

Tabelle 18: Landnutzung – Gewichtung der Klassen (eigene Darstellung)

Danach wurde über *Add Field* das Feld „NeueKlasse“ hinzugefügt und über *Calculate Field* berechnet:

```
!classnew! if !classnew! not in (None, "") else !Klassediffsing!
```

Classnew ist aus dem OSM-Landuse-Layer. Hiermit wurden nach dem Union die Klassen aus beiden Layern in ein neues Feld geschrieben, um auch in der Attributtabelle nur eine Spalte zu haben, die alle Landnutzungskategorien enthält. Dieses neue Feld „NeueKlasse“ enthielt also die Klassen human usage, gras/meadow, forest, heath/scrub aus dem Landuse-Layer und auch die Klassen human, natural und <NULL> aus dem Difference-Single-Layer. Falls classnew einen Wert hat, wurde dieser Wert übernommen, sonst Klassediffsing aus dem ursprünglichen Difference-Single-Layer.

Da bei einigen kleinen Gebieten, die keine Werte haben, keine Landnutzung zugeordnet werden konnte, wurden diese im nächsten Schritt der am höchsten gewichteten Klasse natural zugeteilt. Auch die beiden „alten“ Klassen human usage und human wurden zusammengefasst. Dafür wurde wieder ein neues Field erstellt und mit *Calculate Field (2)* das Feld LanduseFinal berechnet:

```
"natural" if !NeueKlasse! is None or !NeueKlasse! == "" or !NeueKlasse! ==
"<Null>" else "human usage" if !NeueKlasse! in ("human") else !NeueKlasse!
```

Die Features, die den Wert „<NULL>“ haben, wurden auch der Klasse „Natural“ zugeordnet und die beiden Klassen „human“ und „human usage“ wurden ebenfalls zu einer Klasse zusammengefasst. Die restlichen Klassen blieben gleich.

Schließlich wurden, analog wie für den Gewässer-Layer, der Landnutzungs-Layer, die einzelnen Features über *Dissolve (5)* zusammengefügt, das Ganze über *Polygon to Raster* in einen Raster umgewandelt und reklassifiziert. Dieser letzte Schritt, *Reclassify*, änderte nichts an den Daten. Er wurde deshalb hinzugefügt, falls eine andere Gewichtung / Punkteverteilung der fünf Klassen gewünscht wird.

In untenstehender Abbildung ist das Ergebnis der Erreichbarkeitsanalyse bezogen auf die Landnutzung zu sehen (Landuse_Final_Raster):

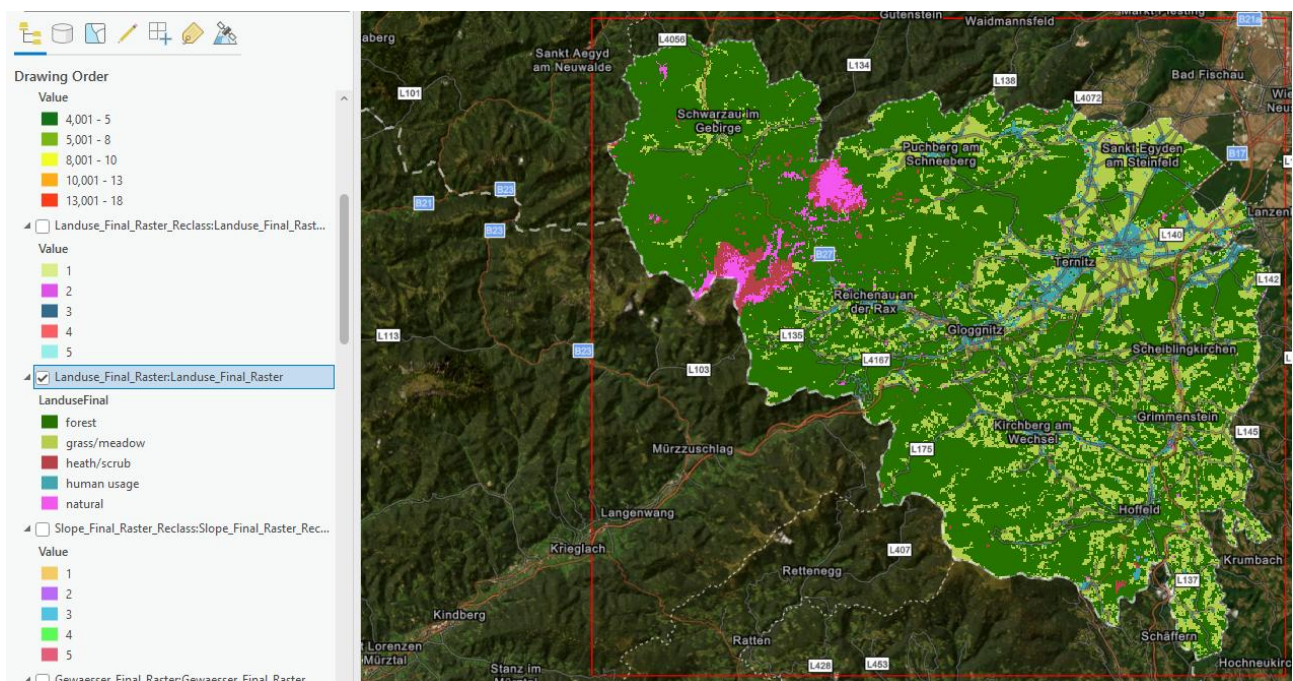


Abbildung 38: Erreichbarkeit anhand der Landnutzung (eigene Darstellung)

6.5.4 Nr. 4: Hangneigung / Slope

Die Aufbereitungsschritte für die Hangneigung sind in Abbildung 39 zu sehen und werden anschließend wieder beschrieben.

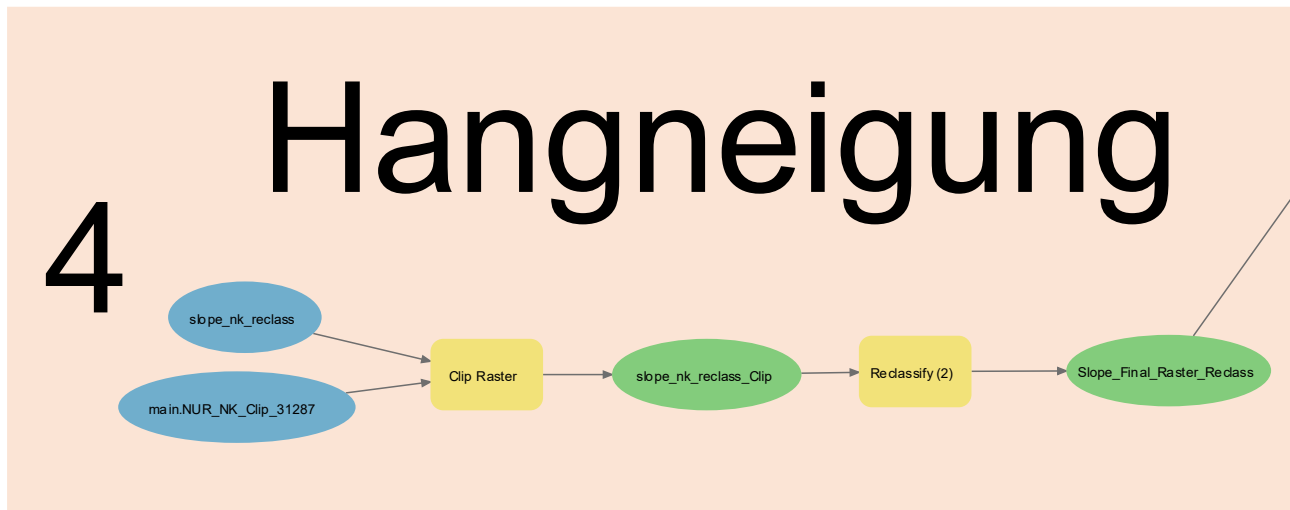


Abbildung 39: Modell der Hangneigung (eigene Darstellung)

Kurzübersicht:

- Clip des Hangneigungsrasters auf das Untersuchungsgebiet
- Reclassify in Steigungsstufen

Kategorie Hangneigung	Gewichtung
0-5°	1
>5-15°	2
>15-30°	3
>30-45°	4
>45-90°	5

Tabelle 19: Hangneigung - Gewichtung nach Neigungsgrad (eigene Darstellung)

Ergebnis: *Slope_Final_Raster_Reclass*

Steile Hänge oder dichte Vegetation können die Einsatzlogistik erschweren und die Effizienz der Einsatzkräfte beeinträchtigen. (vgl. LFV-BB 2024: 32) Außerdem gilt:

„Je steiler der Hang, je wärmer und trockener der Brennstoff, je stärker der Wind umso schneller die Ausbreitung.“ (ÖBFV 2024: 17)

Die als Rasterdatei vorliegende Hangneigung wurde zuerst auf den Bezirk Neunkirchen zugeschnitten und sodann nach obiger Tabelle reklassifiziert. Der entsprechende Teil im Analysemodell ist auf Abbildung 28 und Abbildung 39 und das Ergebnis in der untenstehenden Abbildung 40 zu sehen:

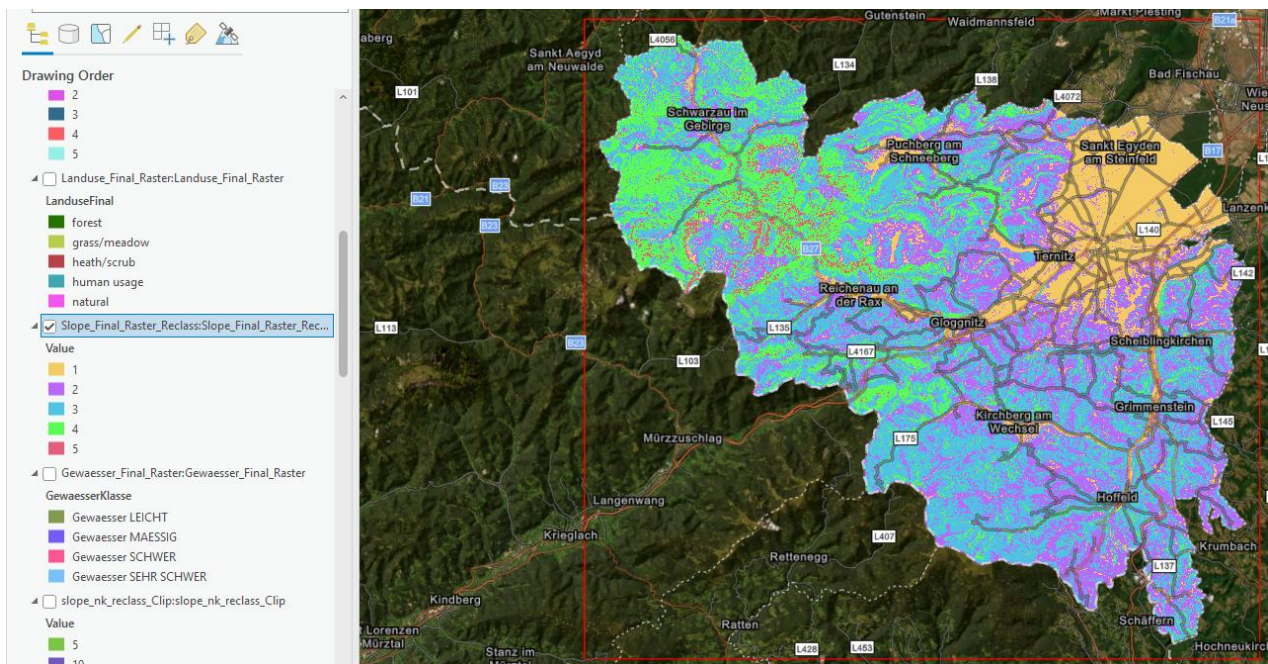


Abbildung 40: Erreichbarkeit anhand der gewichteten Hangneigung (eigene Darstellung)

6.5.5 Nr. 5a: Kosten-Raster

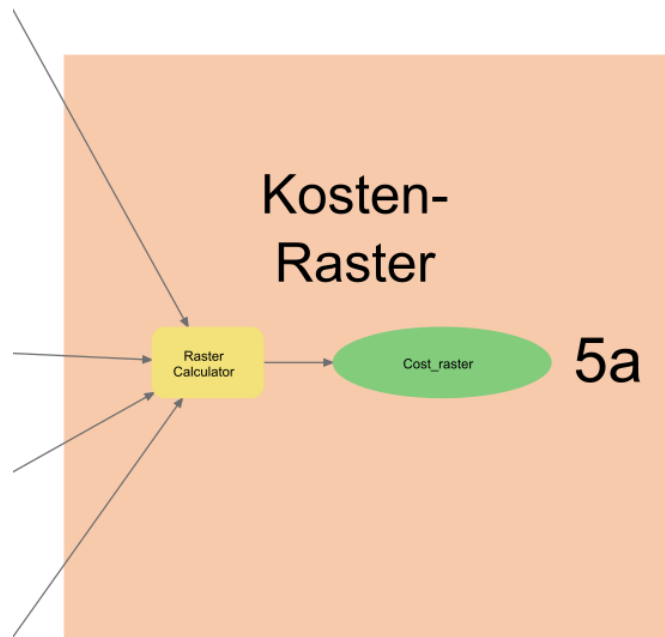


Abbildung 41: Modell des Kostenrasters (eigene Darstellung)

In obiger Abbildung ist der Modellschritt für den Kostenraster zu sehen. Hier war lediglich ein Tool notwendig, der *Raster Calculator*. Nachdem das Wegenetz, die Gewässer, die Landnutzung und die Hangneigung passend aufbereitet wurden, wurden diese vier im *Raster Calculator* addiert:

```
"%Wege_Final_Raster_Reclass%" + "%Gewaesser_Final_Raster_Reclass%" +
"%Landuse_Final_Raster_Reclass%" + "%Slope_Final_Raster_Reclass%"
```

Die **räumliche Auflösung ist 100x100m**. Diese Auflösung wurde auch bei den einzelnen Teilen in den Tools *Polygon to Raster* verwendet. Das Ergebnis davon ist der Kosten-Raster, der in folgender Abbildung zu sehen ist:

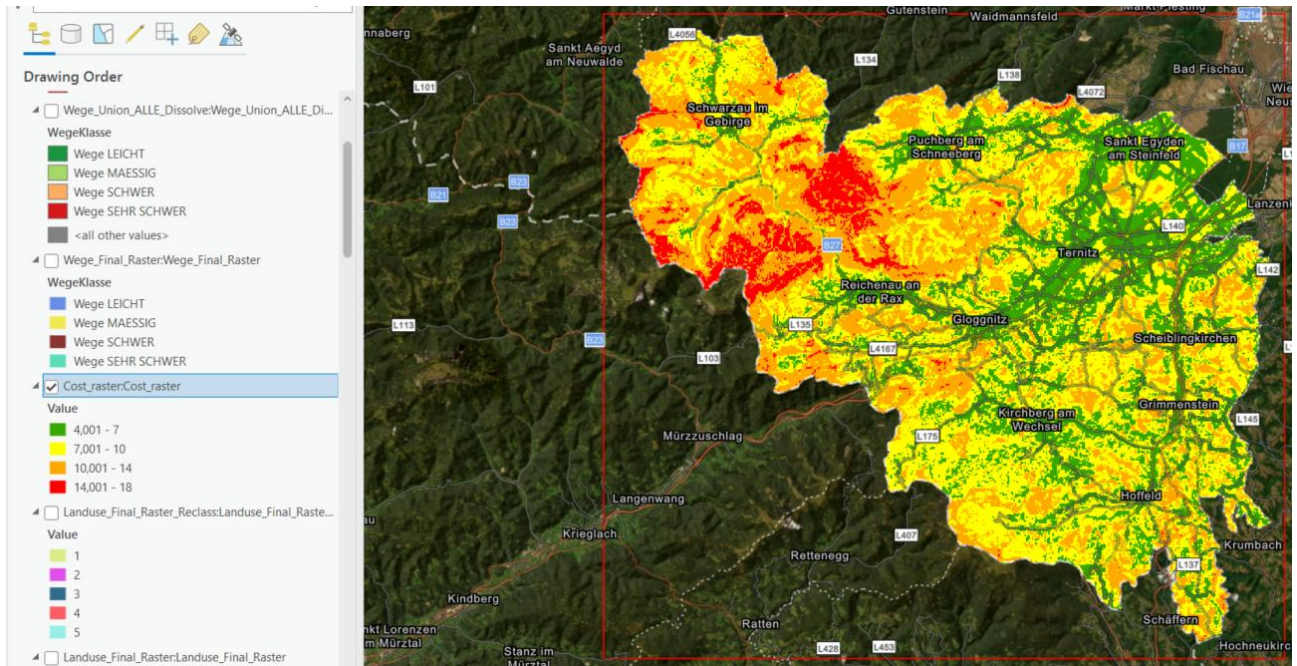


Abbildung 42: Finaler Cost-Raster (eigene Darstellung)

Die Symbologie wurde so angepasst und klassifiziert, dass es die vier in der nachfolgenden Tabelle ersichtlichen Waldbrandgefährdungsstufen gibt. Je niedriger der Wert, desto leichter zugänglich das Gebiet im Hinblick auf die Waldbrandbekämpfung. Dieser Raster-Layer stellt das Endergebnis der Zugänglichkeitsanalyse dar. Die finale Klassifizierung ist in folgender Tabelle ersichtlich:

Zugänglichkeits-Wert	Klasse
4-7	Leicht
8-10	Mäßig
11-14	Schwer
15-18	Sehr schwer

Tabelle 20: Zugänglichkeits-Layer Klassifizierung der Werte (eigene Darstellung)

Der Minimalwert beträgt 4, da jede Stelle mindestens einen Punkt für je die Wegesituation, die Gewässersituation, die Landnutzung und die Steigung bekommt. Der Maximalwert ist 18, da für die Wege- und Gewässersituation jeweils maximal 4 Punkte und für die Landnutzung sowie die Steigung jeweils maximal 5 Punkte erreicht werden können.

6.5.6 Nr. 5b: Aufbereitung Kosten-Raster für ArcGIS Online

Um diesen Raster in der Applikation in ArcGIS Online verwenden zu können, wurde dieser noch passend aufbereitet. Im Folgenden sind die dafür durchgeführten Schritte zu sehen:

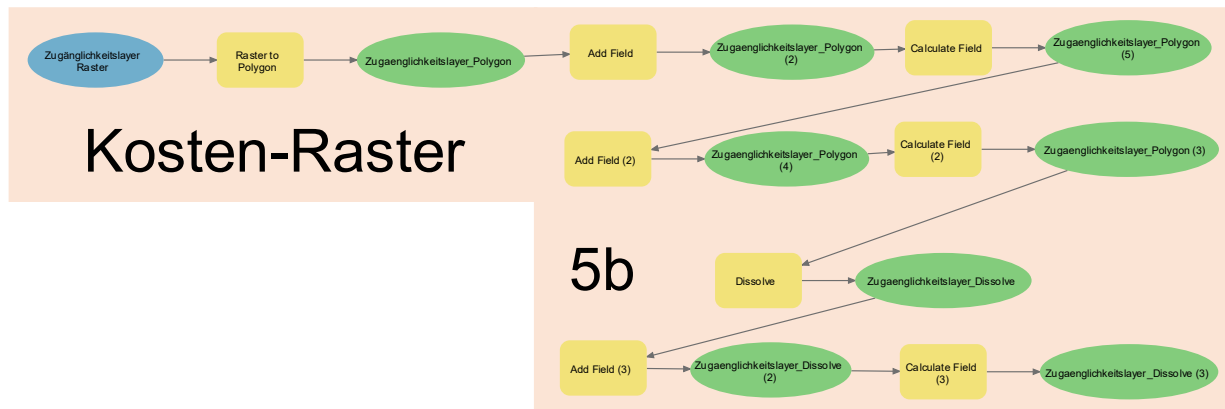


Abbildung 43: Modell Kosten-Raster 5b (eigene Darstellung)

Da Raster-Layer als Web Feature Layer nicht unterstützt werden und diese somit nicht in ArcGIS Online publiziert werden können, wurde als erstes der Kosten-Raster in ein Polygon umgewandelt.

Um die relevanten Infos, welchen Wert das Feature an einem bestimmten Ort hat und welcher der Klassifizierungen von „Leicht“ bis „Sehr schwer“ das entspricht, auch abrufen zu können, wurden mit *Add Field* und *Calculate Field* diese zwei Felder erstellt und berechnet. Über *Dissolve* wurden die Features nach ihrem Wert zusammengefasst, es gab dann pro Wert von 4 bis 18 nur mehr ein Feature. Da durch das Dissolve das Feld mit der Bezeichnung verloren ging, wurde es mit *Calculate Field* (3) nochmal erstellt. Der verwendete Befehl dort war:

```
"Leicht" if 4 <= !Zug_Wert! <= 7 else "Mäßig" if 8 <= !Zug_Wert! <= 10 else
"Schwer" if 11 <= !Zug_Wert! <= 14 else "Sehr schwer"
```

Dieser auch in der nächsten Abbildung dargestellte Layer und auch die vier Zwischenergebnisse von der Landnutzung, Gewässer, Wege und Hangneigung wurden sodann publiziert und konnten in ArcGIS Online weiter verwendet werden.

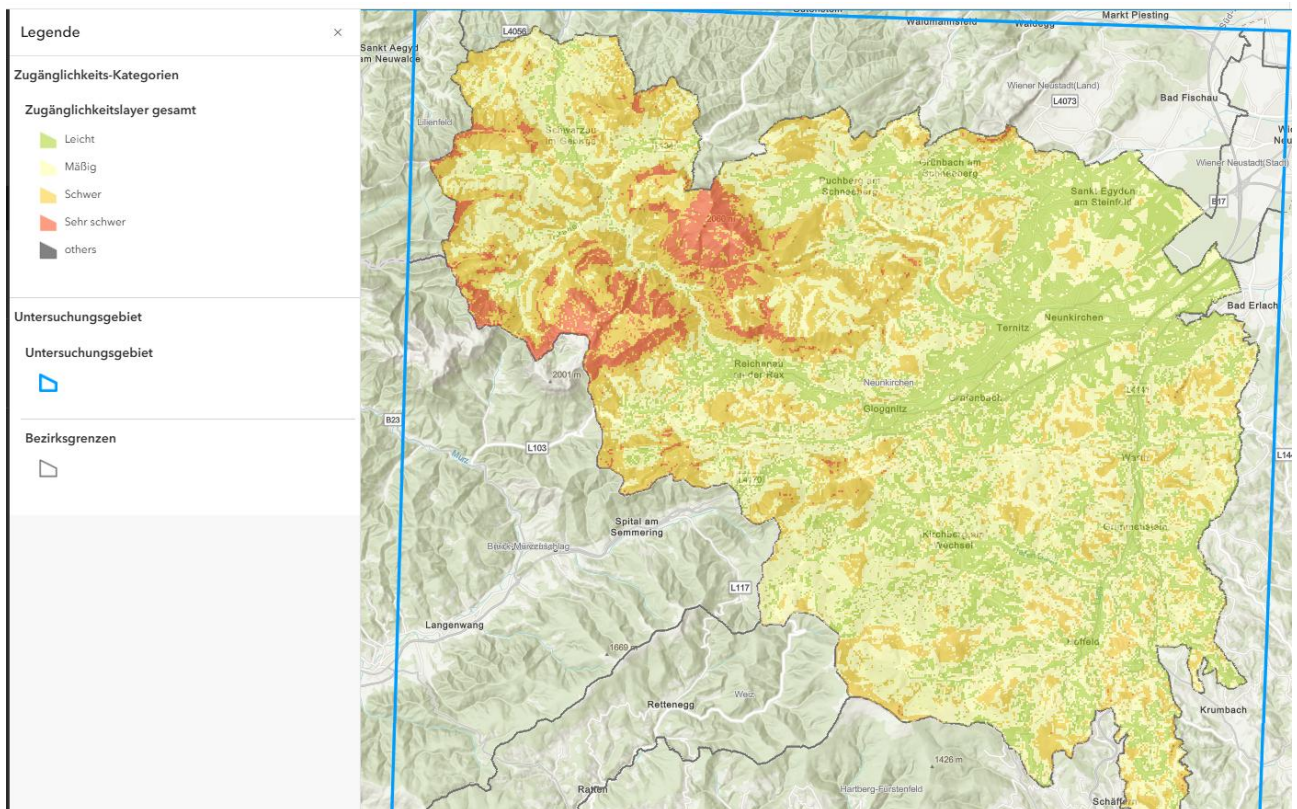


Abbildung 44: Finaler Zugänglichkeitslayer (eigene Darstellung)

6.6 Zusammenführung der beiden Teile

Die beiden Teile, der eigene Waldbrandindex sowie der Zugänglichkeitslayer, wurden in derselben WebMap eingefügt und graphisch aufbereitet. Insgesamt soll damit das **Waldbrandrisiko** dargestellt werden. Der Nutzer hat hier nun die Möglichkeit, anhand der aktuellen Wetterlage und der Zugänglichkeit die Waldbrandgefahr abzuschätzen. In folgender Abbildung ist die Überlagerung von GRU-WBI und der Geländezugänglichkeit in der Webmap zu sehen.

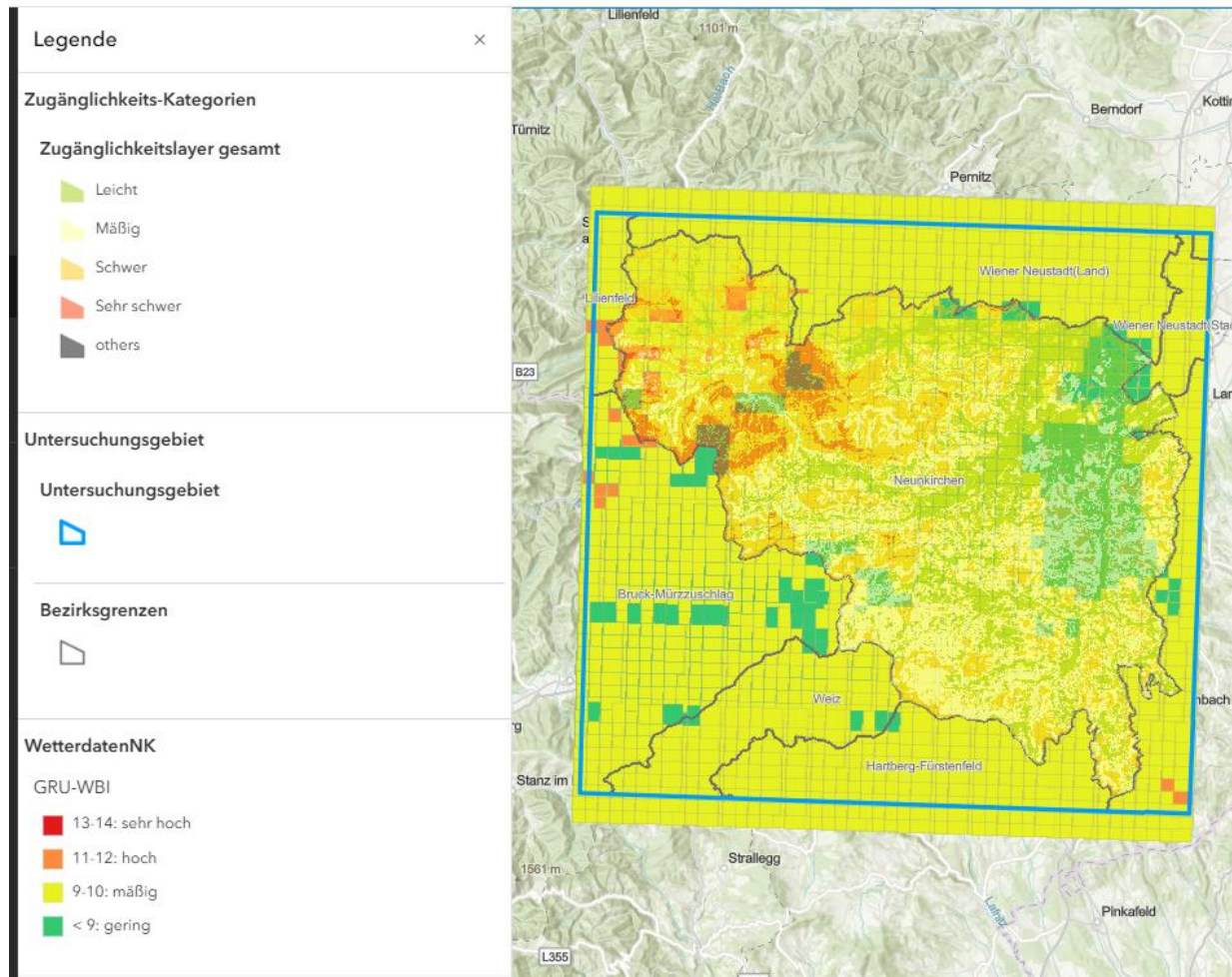


Abbildung 45: Finale WebMap (eigene Darstellung, Juli 2025)

Diese Webmap dient als Grundlage für das erstellte Dashboard. Das **Dashboard**, das für die Öffentlichkeit freigegeben ist, kann unter dem Link <https://univie.maps.arcgis.com/apps/dashboards/d3470310ee124f02900cd0c1485d6c28> aufgerufen werden und ist auch in Abbildung 46 zu sehen.

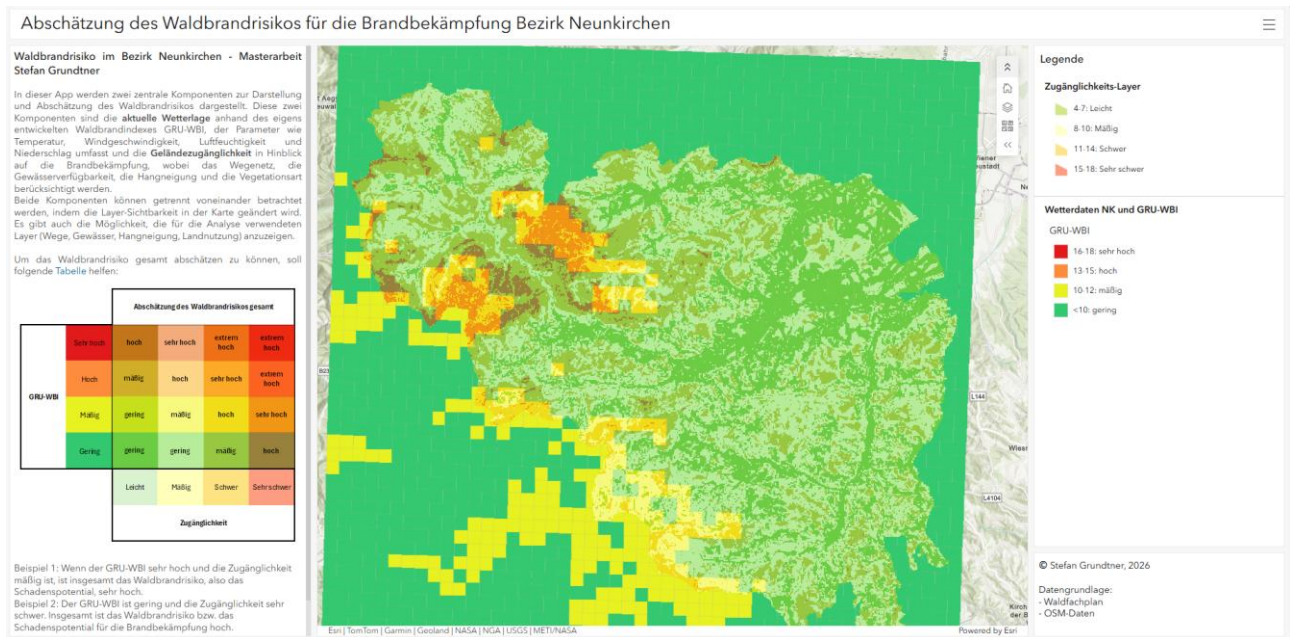


Abbildung 46: Dashboard zur Abschätzung des Waldbrandrisikos Bez. Neunkirchen, Stand 26.01.2026 (eigene Darstellung)

In diesem Dashboard werden die zwei zentralen Komponenten zur Darstellung und Abschätzung des Waldbrandrisikos dargestellt. Diese zwei Komponenten sind die **aktuelle Wetterlage** anhand des eigens entwickelten Waldbrandindexes **GRU-WBI**, der Parameter wie Temperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag umfasst und die **Geländezugänglichkeit** in Hinblick auf die Brandbekämpfung, wobei das Wegenetz, die Gewässersituation, die Hangneigung und die Vegetationsart berücksichtigt werden.

Beide Komponenten können getrennt voneinander betrachtet werden, indem die Layer-Sichtbarkeit in der Karte geändert wird. Es gibt auch die Möglichkeit, die für die Analyse verwendeten Layer (Wege, Gewässer, Hangneigung, Landnutzung) anzuzeigen.

Um das Waldbrandrisiko gesamt abschätzen zu können, soll die bivariate Klassifizierung aus Tabelle 21 helfen:

Abschätzung des Waldbrandrisikos gesamt					
GRU-WBI	Sehr hoch	hoch	sehr hoch	extrem hoch	extrem hoch
	Hoch	mäßig	hoch	sehr hoch	extrem hoch
	Mäßig	gering	mäßig	hoch	sehr hoch
	Gering	gering	gering	mäßig	hoch
		Leicht	Mäßig	Schwer	Sehr schwer
Zugänglichkeit					

Tabelle 21: Legende zur Abschätzung des Waldbrandrisikos gesamt im Dashboard (eigene Darstellung)

Als Beispiel: Wenn der GRU-WBI hoch und die Zugänglichkeit mäßig ist, ist insgesamt das Waldbrandrisiko hoch. Die Farben sind auch bei der Überlagerung in der Karte im Dashboard ersichtlich.

Über Pop-Ups können Detailinformationen zu den Layern angezeigt werden:

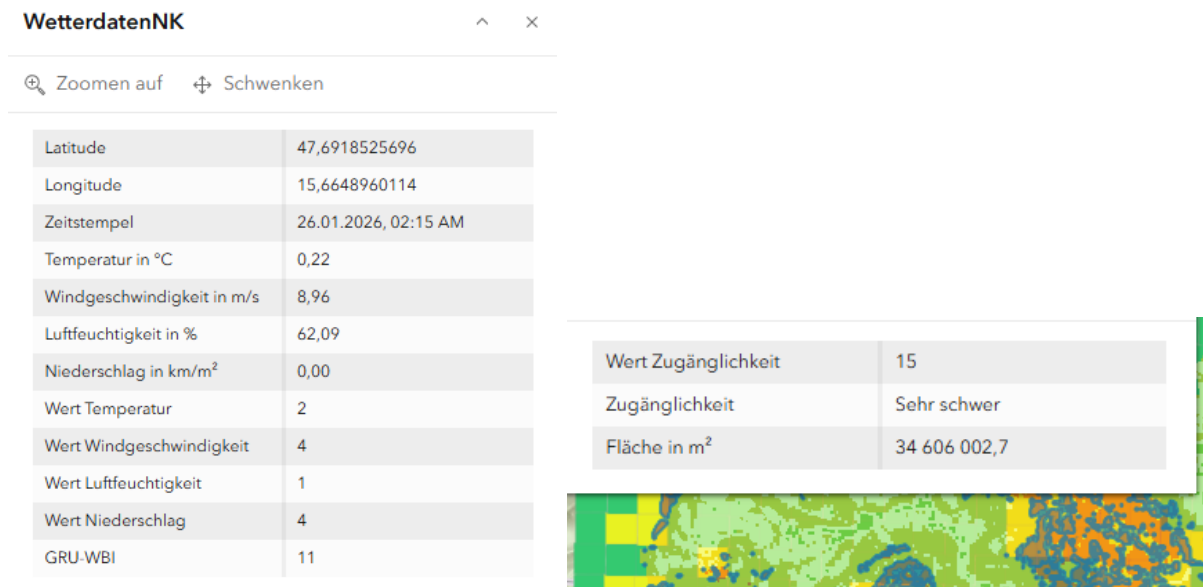


Abbildung 47: Pop-Ups im Dashboard (eigene Darstellung)

7 Ergebnisse

7.1 Tool Teil 1: Meteorologische Waldbrandgefahr (GRU-WBI)

Die vier Wetterparameter Windstärke, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag und Temperatur konnten erfolgreich in einer html-Datei und auch in ArcGIS Online über den GRU-WBI visualisiert werden. Dabei wurden die Parameter gewichtet, der GRU-WBI stellt die Summe der einzelnen Parameter dar.

In folgender Abbildung und auch in Abbildung 19 ist ein Bild der html-Applikation vom 18.01.2026 zu sehen:

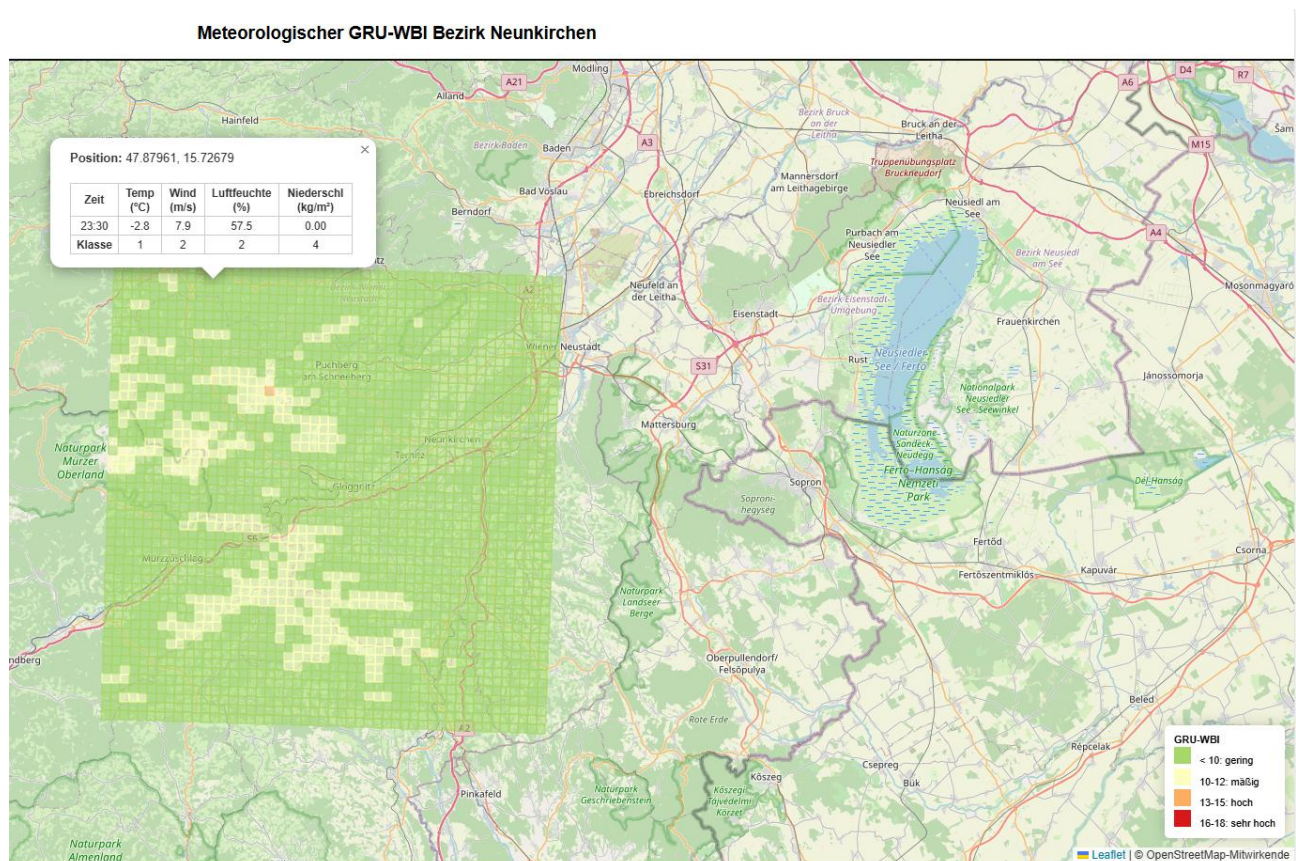


Abbildung 48: GRU-WBI html-Applikation am 18.01.2026 (eigene Darstellung)

Dieses html-Skript zeigt über Popups die vier Wetterparameter zur aktuellen Uhrzeit an einem bestimmten Ort an sowie die Gewichtung. Durch die Berechnung der Summe der Klassen ergibt sich der GRU-WBI-Wert. Jede Klasse wird in einer anderen Farbe dargestellt, die Klassengrenzen sind in der Legende rechts unten zu sehen.

Der Vorteil der html-Datei ist, dass die angezeigten Wetterdaten immer aktuell sind. Für die Einbindung in ArcGIS Online war es aber notwendig, die Wettervariablen über ein Python-Skript in eine

csv-Datei zu schreiben und dann in ArcGIS Online zu importieren. Nachfolgend ist das Ergebnis im Dashboard zu sehen:

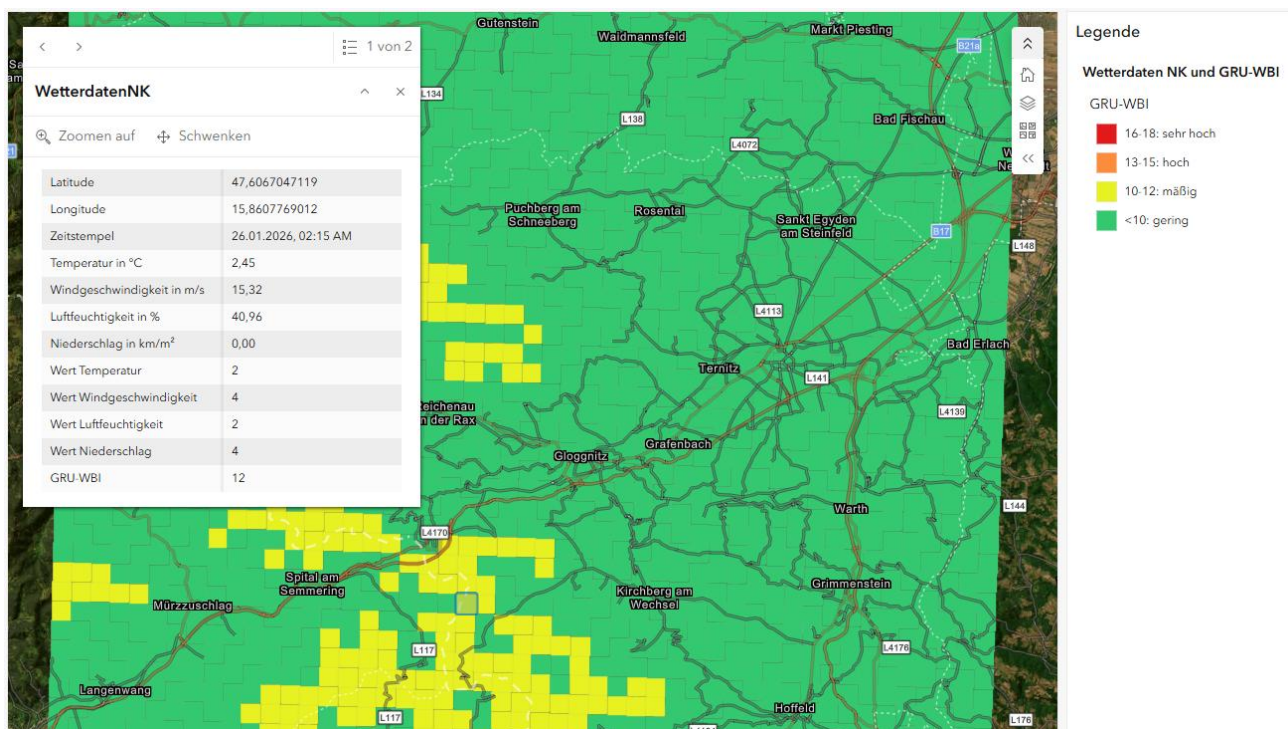


Abbildung 49: GRU-WBI im Dashboard am 26.01.2026 (eigene Darstellung)

Die Daten können **aktualisiert** werden, indem das Skript neu ausgeführt wird. Die alten Daten in der csv-Datei werden dadurch mit den neuen überschrieben. Diese neue csv-Datei kann in AGOL beim gehosteten Feature Layer neu hochgeladen werden über „Daten aktualisieren“ -> „Gesamten Feature-Layer überschreiben“. Wie das Aktualisieren automatisiert werden kann, ist noch offen. Momentan funktioniert es nur manuell.

7.2 Tool Teil 2: Zugänglichkeitslayer

In Abbildung 2 ist zu sehen, wo der Waldbrand in Hirschwang/Rax 2021 war. Dieses Gebiet wird in Abbildung 50 mit dem in dieser Masterarbeit erstellten Tool bzw. Dashboard verglichen. Es lässt sich erkennen, dass dieses Gebiet hauptsächlich als schwer und sehr schwer zugänglich klassifiziert wurde. Das Tool deutet darauf hin, dass in diesem Gebiet das Risiko für einen Waldbrand hoch ist. Dort hat tatsächlich der vorhin erwähnte Waldbrand stattgefunden.

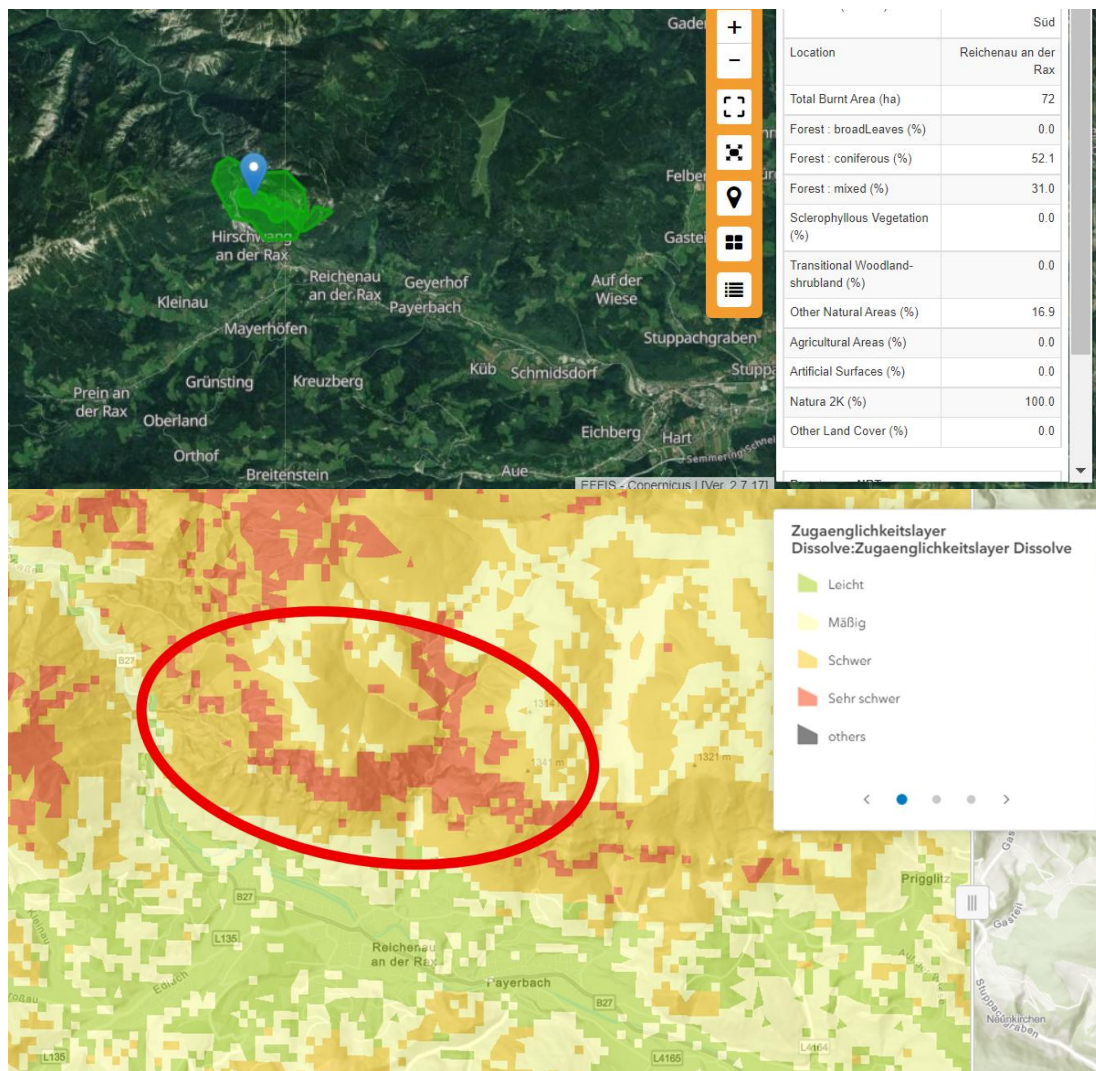


Abbildung 50: Waldbrand Hirschwang 2021 – Vergleich von EFFIS mit erstelltem Tool (eigene Darstellung)

Etwas anders verhält es sich in Schwarza im Gebirge. Hier kam es im März 2025 zu einem kleineren Waldbrand, in Abbildung 9 ist ein Ausschnitt davon zu sehen. Dieses Gebiet wurde in Abbildung 51 mit dem in dieser Masterarbeit erstellten Tool verglichen. Das Tool hat dieses Gebiet als mäßiges bis schweres Waldbrandrisiko gekennzeichnet, wobei es weiter westlich auch ein sehr hohes Risiko für Waldbrände gibt.



Abbildung 51: Waldbrand Schwarza/Geb. 2025 – Vergleich von EFFIS mit erstelltem Tool (eigene Darstellung)

7.3 Zusammenführung der beiden Teile

Die beiden Teile, der eigene Waldbrandindex sowie der Zugänglichkeitslayer, wurden in derselben WebMap eingefügt und graphisch aufbereitet. Insgesamt kann damit das **Waldbrandrisiko** dargestellt werden. Der Nutzer hat hier nun die Möglichkeit, anhand der aktuellen Wetterlage und der Zugänglichkeit das Waldbrandrisiko abzuschätzen. Das **Dashboard**, das für die Öffentlichkeit freigegeben ist, kann unter dem Link <https://univie.maps.arcgis.com/apps/dashboards/d3470310ee124f02900cd0c1485d6c28> aufgerufen werden und ist auch in Abbildung 46 zu sehen.

In diesem Dashboard werden die zwei zentralen Komponenten zur Darstellung und Abschätzung des Waldbrandrisikos dargestellt. Diese zwei Komponenten sind die **aktuelle Wetterlage** anhand des eigens entwickelten Waldbrandindex **GRU-WBI**, der Parameter wie Temperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und Niederschlag umfasst und die **Geländezugänglichkeit** in Hinblick auf die Brandbekämpfung, wobei das Wegenetz, die Gewässersituation, die Hangneigung und die Vegetationsart berücksichtigt werden.

Beide Komponenten können getrennt voneinander betrachtet werden, indem die Layer-Sichtbarkeit in der Karte geändert wird. Es gibt auch die Möglichkeit, die für die Analyse verwendeten Layer (Wege, Gewässer, Hangneigung, Landnutzung) anzuzeigen.

Das Konzept aus Kapitel 6.2 wurde zur Gänze umgesetzt: Es ist ein Dashboard entstanden, das Echtzeitwetterdaten anzeigt und diese in Hinblick auf die Waldbrandgefahr darstellt und das auch einen Zugänglichkeitslayer bezogen auf die Waldbrandbekämpfung enthält. Das gesamte Waldbrandrisiko kann über eine bivariate Klassifizierung abgeschätzt werden. Legende, Beschreibung und Pop-Ups sind vorhanden, das Konzept des Tools wurde vollständig umgesetzt.

7.4 Limitationen und Verbesserungsmöglichkeiten

Limitationen des GRU-WBI

Der erste Teil des Tools, der die meteorologische Waldbrandgefahr darstellt, ist stark von der Temperatur abhängig. Es kann unter bestimmten Wetterbedingungen vorkommen, dass die Waldbrandgefahr falsch ausgegeben wird. Dies ist beim Waldbrandindex der ZAMG/Geosphere ähnlich, weshalb dieser Index vorübergehend nicht mehr aufrufbar ist. Herr Csekits, ein Vorhersagemeteorologe der Geosphere Austria, teilte folgendes mit:

„Der bisherige Index wird auf der neuen Website nicht mehr angezeigt, da er unter bestimmten Wetterbedingungen erhebliche Schwächen aufweist. Wir arbeiten derzeit an der Entwicklung eines neuen, verbesserten Index. Sobald dieser sich in der Praxis bewährt hat, wird er selbstverständlich auf der Website integriert und zur Verfügung gestellt.“ (CSEKITS 2025)

Eventuell kann beim GRU-WBI angedacht werden, die Klassen bzw. die Punkteverteilung zu ändern, sodass eine genauere Abschätzung der Waldbrandgefahr möglich ist. Dies könnte entweder erreicht werden, indem mehr als vier Klassen mit einer anderen Punkteverteilung verwendet werden oder eventuell über eine Funktion, die basierend auf den aktuellen Wetterbedingungen die Punkte dynamisch berechnet.

Der aktuelle GRU-WBI könnte also zu ungenau sein und bei bestimmten Wetterphänomenen eine sehr ungenaue Waldbrandgefahrenabschätzung liefern. Hier bräuchte es sehr genaue Analysen und eventuell einen anderen Berechnungsansatz, um zuverlässigere Werte zu erhalten. Dies ist vermutlich nicht einfach, da auch die Geosphere ihren ursprünglichen Waldbrandindex entfernt hat und aktuell überarbeitet. Sobald dieser wieder öffentlich zur Verfügung steht, sollte versucht werden, diesen statt dem GRU-WBI in die App zu integrieren.

Echtzeitwetterdaten können daweil nur manuell über das Python-Skript neu in die CSV-Datei geschrieben und in ArcGIS Online **aktualisiert** werden. Dadurch wird es vorkommen, dass die Wetterdaten für Nutzer des Dashboards nicht aktuell sind. Deswegen kann der GRU-WBI auch als html-Datei aufgerufen werden, um die aktuellen Wetterdaten sowie die Klassifizierung jederzeit auch außerhalb des Dashboards ansehen zu können.

Limitationen des Zugänglichkeitslayers

Es könnte sein, dass im Zuge des Projekts Waldfachplan manche Wege, Gewässer und sonstiges von den Feuerwehren nicht richtig klassifiziert wurden und deshalb Ungenauigkeiten entstehen. Außerdem stellt das Projekt eine einmalige Erhebung dar, wodurch die Daten seit 2023 nicht mehr aktualisiert wurden. Wie oder ob das Projekt in Zukunft weitergeführt wird, ist noch offen.

Bei der Landnutzung wurden OSM-Daten für die Klassifizierung verwendet. Genauere Ergebnisse würden vorliegen, wenn beispielsweise Sentineldaten oder Fernerkundungsdaten in Verwendung wären, um stärker innerhalb des Vegetations-Layers unterscheiden zu können – Wald ist nicht gleich Wald und die Dichte der Vegetation kann sehr unterschiedlich strukturiert sein.

Die Wahl der Klassifizierungen sollte auch auf eine breitere Basis gestellt werden und die Grenzen z.B. durch Feldbegehungen validiert bzw. belegt werden. Auf diesen wichtigen Schritt musste aus zeitlichen Gründen verzichtet werden.

Limitationen des Dashboards

Aktuell wird im Dashboard eine bivariate Klassifizierungsmethode verwendet, um das Waldbrandrisiko gesamt abschätzen zu können. Eine mögliche Adaption könnte sein, dass die beiden Teile des Tools wirklich in einem Layer miteinander verschmolzen werden. Das hätte den Vorteil, dass es nicht 16 verschiedene Farben im Dashboard gibt, sondern nur vier bis fünf, pro Gefährdungsstufe eine. Dies wurde versucht umzusetzen, jedoch ist es in einem überschaubaren Zeitrahmen nicht gelungen, die Echtzeitwetterdaten mit dem Zugänglichkeitslayer so zu kombinieren, dass auch die Aktualisierung der Wetterdaten funktioniert und das korrekt angezeigt wird.

Graphisch, vor allem beim Zoomen, lässt sich die Darstellung noch verbessern. Momentan besteht noch die Unschönheit, dass beim Reinzoomen keine flächenhafte Darstellung des GRU-WBI vorhanden ist. Dieses Problem könnte gleichzeitig mit der im letzten Absatz angesprochenen Adaption gelöst werden.

Das fertige Tool wurde noch nicht statistisch ausgewertet. Es kann daher nicht garantiert werden, dass die Ergebnisse valide sind und das Tool tatsächlich in der Praxis brauchbar ist. Auch darauf musste verzichtet werden, da diese und die weiteren Umsetzungen sehr zeitintensiv wären.

8 Fazit und Ausblick

Die zentrale Fragestellung war, ein GIS-basiertes Werkzeug für den Raum Neunkirchen zu erstellen, das sowohl aktuelle meteorologische Daten als auch feuerwehrspezifische Daten (z. B. die Daten des Waldfachplans) zur Geländezugänglichkeit zusammenführt, um das Waldbrandrisiko möglichst genau abschätzen zu können. Es gab noch kein Tool für das südliche Niederösterreich, das feuerwehrspezifische Daten für die Waldbrandbekämpfung mit Wetterdaten und anderen Faktoren kombinierte, um das Waldbrandrisiko abschätzen zu können. Genau für dieses Gebiet, wo die Waldbrandgefahr hoch ist, kann das Tool herangezogen werden und liefert dadurch einen Mehrwert für das Feuerwehrwesen und die Allgemeinheit.

Der ZAMG WBI berücksichtigte keine menschlichen Einflüsse, das im Zuge dieser Arbeit erstellte Tool jedoch schon. Diese fließen in den Zugänglichkeitslayer ein.

Wie schon in Kapitel 7 beschrieben, konnte dieses Tool erfolgreich erstellt werden. Dabei konnten die aktuellen Wetterdaten anhand des eigens erstellten GRU-WBI mit den feuerwehrspezifischen Daten des WFP und OSM-Daten für die Geländezugänglichkeit in einem gemeinsamen Tool visualisiert werden. Somit wird eine Möglichkeit aufgezeigt, die Forschungsfrage zu beantworten.

Dieses Tool zeigt demnach auch Gebiete mit einer besonderen Gefährdung auf (sehr hohe und extrem hohes Waldbrandrisiko laut Dashboard). Auch ähnliche Ansätze auf internationaler und nationaler Ebene wurden in Kapitel 3 in aller Kürze thematisiert und bestehende Waldbrandindizes wie den FWI, ZAMG WBI und Dürreindex in Kapitel 4 näher beleuchtet. Diese Kapitel dienen als theoretischer Hintergrund für die Umsetzung des Tools. Das für die Umsetzung des Tools relevante Projekt des Waldfachplans wurde in Kapitel 5 ausführlich beschrieben, die Rohdaten daraus flossen in die Analyse ein. Somit wurden auch die weiteren zu Beginn gestellten Fragestellungen beantwortet.

Ausblick

Wie schon erwähnt, könnte versucht werden, dass der GRU-WBI automatisiert regelmäßig aktualisiert wird. Eine weitere Herangehensweise könnte sein, statt dem GRU-WBI den ZAMG WBI einzubinden, sobald dieser bei der Geosphere wieder zur Verfügung steht.

Im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen könnte außerdem geprüft werden, inwiefern das Projekt Waldfachplan regelmäßig mit aktuellen Daten versorgt werden kann. Eine solche Weiterentwicklung würde das Potenzial bieten, die Aktualität und Aussagekraft der Analysen zu verbessern. Gleichzeitig müssen dabei jedoch die praktische Umsetzbarkeit, der damit verbundene Arbeitsaufwand für die Projektverantwortlichen und die einzelnen Feuerwehren sowie die finanziellen Rahmenbedingungen abgewogen werden.

Das für diese Arbeit gewählte Thema ist sehr umfangreich und komplex. Um die erwähnten Limitationen und Verbesserungsvorschläge umzusetzen, wären deutlich mehr Zeit und eventuell auch mehr personelle Ressourcen notwendig, als im Rahmen einer Masterarbeit möglich ist.

Literaturverzeichnis

- BFKDO NK (2024): Waldbrand Gruppe 15. Online unter: <https://www.bfkdo-neunkirchen.at/ueber-uns/das-bfkdo/waldbrandgruppe/> (Zugriff: 14.05.2024)
- BML (2022): Brennpunkt Wald. Aktionsprogramm Waldbrand: Wahrnehmen – Vermeiden – Bekämpfen. Online unter: bit.ly/3XhQHwa (Zugriff: 18.12.2024)
- BML (2024): Waldbrand-Risikokarte. Bundesministerium Land- und Forstwirtschaft. Online unter: https://info.bml.gv.at/themen/wald/wald-und-naturgefahren/waldbrand/waldbrand_risiko-karte.html (Zugriff: 04.05.2024)
- BERGADO J.R., PERSELLO C., REINKE K., STEIN A. (2021) Predicting wildfire burns from big geodata using deep learning. – In: Safety Science 140 (2021) 105276. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105276>
- CATRY F., REGO F., SANTOS T., ALEIDA J., RELVAS P. (2007): Forest Fires Prevention in Portugal – Using GIS to Help Improving Early Fire Detection Effectiveness. Academia.
- CLIMATE ADAPT (2025a): Fire Weather Index. Background Information. Online unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/fire-weather-index> (Zugriff: 10.03.2025)
- CLIMATE ADAPT (2025b): Fire Weather Index - Days With High Fire Danger, 2011-2099. Background Information. Online unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/indicators/fire-weather-index-days-with-high-fire-danger-2011-2099> (Zugriff: 10.03.2025)
- CSEKITS C. (2025): Vorhersagemeteorologe der GeoSpere Austria. EMailkontakt.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (2025): Wetter- und Klimalexikon. Niederschlagsintensität. Online unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=101812&lv3=101906> (Zugriff: 22.07.2025)
- EFFIS (2025): European Forest Fire Information System EFFIS. Online unter: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/> (Zugriff: 10.02.2026)
- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2025a): European Forest Fire Information System (EFFIS). Online unter: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/portals/effis-european-forest-fire-data-center> (Zugriff: 10.02.2025)

- EUROPÄISCHE KOMMISSION (2025b): Austria forest fire: EU deploys immediate assistance. Online unter: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_5701 (Zugriff: 12.02.2025)
- EWALD (2024): Waldbrand und -vorsorge bei den Bundesforsten. Waldbrand im Forstbetrieb Steiermark – Waldbrandvorsorge und Übungen in mehreren Forstbetrieben. Interner Artikel der Österreichischen Bundesforste.
- FIRE-DATABASE (2024): Institut für Waldbau, Department für Wald- und Bodenwissenschaften BOKU University. Online unter: <https://www.citizen-science.at/projekte/fire-database> (Zugriff: 25.09.2024)
- FIREBLOG (2018): Waldbrandgefährdungsstufen. Online unter: <https://fireblog.boku.ac.at/2018/03/25/waldbrand-gefaehrungsstufen/> (Zugriff: 04.04.2026)
- FIREBLOG (2022): Rekordbrand TÜPI Allentsteig. Online unter: <https://fireblog.boku.ac.at/2022/04/12/rekordbrand-tuepl-allentsteig/> (Zugriff: 11.02.2025)
- FIREBLOG (2024a): Definition von Waldbränden. Online unter: <https://fireblog.boku.ac.at/definition-von-waldbraenden/> sowie <https://boku.ac.at/oekb/wald/forschung/themen/bewirtschaftungskonzepte/waldbewirtschaftung-und-klimaaenderung/waldbrand> (Zugriff: 19.11.2024)
- FIREBLOG (2024b): Einschätzung Waldbrandgefahr 04.09 & 05.09. Online unter: <https://fireblog.boku.ac.at/2024/09/03/einschaetzung-waldbrandgefahr-04-09-05-09/> (Zugriff: 19.11.2024)
- FIREWORLD (2021a): Nö: 115 Hektar-Waldbrand in Hirschwang | Reichenau/Rax → Bilanz BFKDO Wiener Neustadt zum vorläufigen Ende. Online unter: <https://www.fireworld.at/2021/11/07/noe-115-hektar-waldbrand-in-hirschwang-reichenau-rax-%E2%86%92-bilanz-bfkdo-wiener-neustadt-zum-vorlaeufigen-ende/> (Zugriff: 12.09.2025)
- FIREWORLD (2021b): Nö: 300 Einsatzkräfte unter gefährlichsten Bedingungen bei Österreichs größtem Waldbrand in Hirschwang an der Rax im Einsatz. Online unter: <https://www.fireworld.at/2021/10/27/noe-300-einsatzkraefte-unter-gefaehrlichsten-bedingungen-beim-waldbrand-in-hirschwang-an-der-rax-im-einsatz/> (Zugriff: 12.09.2025)
- GANZ-WIEN (2025a): Beaufort-Skala: Windstärken messen. Online unter: <https://www.ganz-wien.at/freizeit/wetter/beaufort-skala.html> (Zugriff: 22.07.2025)

- GANZ-WIEN (2025b): Niederschlag – wie wird die Niederschlagsmenge gemessen? Online unter: <https://www.ganz-wien.at/freizeit/wetter/niederschlag.html> (Zugriff: 22.07.2025)
- GRUNDTNER S. (2022): Kartographie/GIS im Feuerwehrwesen am Beispiel der Freiwilligen Feuerwehr St. Valentin-Landschach. Bachelorarbeit. Wien.
- LFV-BB LANDESFEUERWEHRVERBAND BRANDENBURG e.V. (2024): Handbuch zur Ausbildung Vegetationsbrandbekämpfung für Feuerwehren. Online unter: <https://www.lfv-bb.de/s/wp-content/uploads/2025/01/Handbuch-zur-Ausbildung-Vegetationsbrandbekämpfung-fuer-Feuerwehren-Version-1.pdf> (Zugriff: 28.12.2025)
- MAYERHOFER S. (2022): Strategische und operative Einsatzplanung zur Brandbekämpfung im Waldbrand-Risikogebiet südöstliches NÖ (NK, WN, WB und BN). Einschulung zur Datenerhebung. Vortrag Einschulung der Feuerwehren zum Projekt Waldfachplan.
- MAYERHOFER S. (2025): Forsttechnisches Büro Mayerhofer. Projektleiter des Projekts Waldfachplan. Emailverkehr.
- MOBILEGIS (2023): Einsatzkarten zur Waldbrandbekämpfung. Leitfaden zur Durchführung der Datenerhebung für Feuerwehren für den Waldfachplan. Online unter: <https://info.mobilegis.at/brandschutz> (Zugriff: 31.01.2024)
- MOBILEGIS (2025): GIS als Grundlage zur Waldbrandprävention in NÖ. Online unter: <https://www.mobilegis.at/post/gis-als-grundlage-zur-waldbrandpr%C3%A4vention-in-n%C3%B6> (Zugriff: 08.08.2025)
- MÜLLER M. (2021): Waldbrand Hirschwang/Rax – eine Nachbetrachtung. Waldbrand-Blog Österreich. BOKU. Online unter: <https://fireblog.boku.ac.at/2021/11/08/waldbrand-hirschwang-nachbetrachtung/> (Zugriff: 14.12.2025)
- MÜLLER M. (2024): Herausforderung Waldbrand – Zahlen, Fakten und Forschungsarbeiten aus Österreich. KLAR! Hauptversammlung Mariazell am 18.04.2024. Online unter: https://www.alpine-nature-campus.com/wp-content/uploads/2024/07/01_MUELLER_Waldbrand.pdf (Zugriff: 05.12.2025)
- NATURAL RESOURCES CANADA (2025): Background Information. Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System. Online unter: <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi> (Zugriff: 12.03.2025)

- NÖLFVB (2021): Waldbrand Hirschwang 2021 – Vorläufiges „Brand aus“ mit beeindruckenden Zahlen. Online unter: <https://www.noel122.at/post/news/4586ae6e-2642-4bf5-b0af-508e5c7fccc1> (Zugriff: 12.09.2024)
- NÖLFVB (2024a): Sonderdienst Waldbrandbekämpfung. Online unter: <https://www.noel122.at/feuerwehrwesen/sonderdienste/waldbrandbekaempfung> (Zugriff: 12.05.2024)
- NÖLFVB (2024b): Waldbrandbekämpfung. Anstieg bei Waldbränden macht einen neuen Sonderdienst notwendig. Online unter: <https://www.noel122.at/feuerwehrwesen/sonderdienste/waldbrandbekaempfung> (Zugriff: 12.05.2024)
- NÖLFVB (2024c): Katastrophenhilfsdienst. Wenn die Schadenslage für die örtlichen Kräfte zu groß wird. Online unter: <https://www.noel122.at/fachinfos/katastrophenhilfsdienst> (Zugriff: 25.09.2024)
- NÖLFVB (2025): Sonderdienst Waldbrandbekämpfung. Wald- und Flurbrandbekämpfung Grundlagen (WFBBG). Online unter: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.noel122.at%2Fwaldbrand-bek%25C3%25A4mpfung%2Fpra%25CC%2588sentation-wfbbg.pptx&wdOrigin=BROWSELINK> (Zugriff: 05.01.2026)
- NRM-JOURNAL (2023): Erhöhtes Waldbrandrisiko. Brandbekämpfung und -prävention. Nr. 57/3/2023. Auch online unter https://www.bundesforste.at/fileadmin/publikationen/naturraum/57_NRM_Journal_3_2023_Wervolle_Lebensraeume_bewahren_-_foerdern_-_vernetzen.pdf (Zugriff: 14.01.2025)
- NRM-JOURNAL (2024): Waldbrandrisiko steigt. ÖBf entwickeln Waldbrandprävention weiter. Nr. 61/3/2024. Auch online unter https://www.bundesforste.at/fileadmin/publikationen/naturraum/61_NRM_Journal_3_2024.pdf (Zugriff: 14.01.2025)
- ÖBFV ÖSTERREICHISCHER BUNDESFEUERWEHRVERBAND (2024): Fachempfehlung für die Vegetationsbrandbekämpfung. INFO E-36. Online unter: https://www.bundesfeuerwehrverband.at/wp-content/uploads/2024/06/E-36-Info_2024.pdf (Zugriff: 15.12.2025)
- RIENER W. und HOFSTÄTTER M. (2021): Retten wir unseren Wald der Zukunft! Waldbrandprävention bei den Bundesforsten – Kollege Wolfgang Riener im Einsatz beim Waldbrand bei Hirschwang/Rax. Interner Artikel der Österreichischen Bundesforste.

- SAN MIGUEL AYANZ J., BARBOSA P., SCHMUCK G., LIBERTA G., SCHULTE E. (2003): Towards a coherent forest fire information system in Europe: the European Forest Fire Information System (EFFIS). – In: Gitas I.Z., San Miguel Ayanz J. (2003): Environmental monitoring in the South-Eastern Mediterranean region using RS/GIS techniques.
- SHIN S.S., PARK S.D., KIM G. (2024): Applicability Comparison of GIS-Based RUSLE and SEMMA for Risk Assessment of Soil Erosion in Wildfire Watersheds. – In: Remote Sens. 2024, 16, 932. <https://doi.org/10.3390/rs16050932>
- VACIK H., MÜLLER M., HEIL K., HUMER F. (2021): Country Report for Austria. – In: San-Miguel-Ayanz et al. (Hrsg.) (2021): Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa **2020**. EUR 30862 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. ISBN 978-92-76-42351-5. Doi: 10.2760/216466. Auch online unter: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/reports-and-publications/annual-fire-reports> (Zugriff: 22.09.2024)
- VACIK H., MÜLLER M., HEIL K., KOLLER R. (2023): Country Report for Austria. – In: San-Miguel-Ayanz et al. (Hrsg.) (2023): Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa **2022**. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Doi: 10.2760/348120. Auch online unter: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/reports-and-publications/annual-fire-reports> (Zugriff: 22.01.2025)
- VACIK H., MÜLLER M., HEIL K., KOLLER R. (2024): Country Report for Austria. – In: San-Miguel-Ayanz et al. (Hrsg.) (2024): Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa **2023**. EUR 30862 EN. Publications Office of the European Union, Luxembourg. Doi: 10.2760/8027062. Auch online unter: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/reports-and-publications/annual-fire-reports> (Zugriff: 22.01.2025)
- VUCIC N., CETL V., SANTEK D., MADER M. (2021): Importance of Official Geodata in Disaster Risk Management—Case Study of Croatia. Earth 2021, 2, 943–959. <https://doi.org/10.3390/earth2040055>
- WBDB AT (2024): Waldbranddatenbank Österreich. Online unter: <https://fire.boku.ac.at/firedb/de/> (Zugriff: 25.09.2024)
- WETTERKONTOR (2025): Skala für Windstärken. Online unter: https://www.wetterkontor.de/de/bft_tabelle.html (Zugriff: 22.07.2025)
- YANG X., JIN X., ZHOU Y. (2021): Wildfire Risk Assessment and Zoning by Integrating Maxent and GIS in Hunan Province, China. Forests 2021, 12, 1299. <https://doi.org/10.3390/f12101299>. Auch

online unter: https://www.researchgate.net/figure/The-main-driving-forces-of-wild-fire_fig2_354812922 (Zugriff: 16.12.2025)

ZAMG WBI (2024): Waldbrandindex. Information zur Waldbrandgefahr. Online unter: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/wetter-oesterreich/waldbrand> (Zugriff: 03.03.2025)

ZAMG DÜRREINDEX (2024): Online unter: <https://www.zamg.ac.at/incaanalyse/> (Zugriff: 24.06.2025)

ZAMG DÜRREINDEX (2024b): Eckdaten. Online unter: https://www.zamg.ac.at/incaanalyse/portallib/html/paraminfo/SPEI_vwa.pdf (Zugriff: 24.02.2025)

Hilfsmittelverzeichnis – Einsatz von KI-Tools

KI-Hilfsmittel	Einsatz	Betroffene Teile der Arbeit	Bemerkungen (Beispiele)
deepL	Übersetzung von Textpassagen	Die meisten der englischsprachigen Literaturangaben	Die Textteile wurden übersetzt und geringfügig angepasst. Die Qualität der Übersetzung wurde auch eigenständig überprüft.
ChatGPT	Entwurf der Gegenüberstellung	Tabelle 3	Die Gegenüberstellung wurde im Anschluss kontrolliert und stark angepasst.
ChatGPT Perplexity	Erstellung des html- und python-Skripts inkl. Fehler analysieren und beheben	Html- und Python-Skript, Kapitel 6.3	Der Code wurde in sehr vielen Schritten schrittweise erstellt und eigenständig weiter angepasst, vor allem die einzelnen Werte und Bezeichnungen. Es wurden beide KI-Tools verwendet und die Codeteile manuell kombiniert.
Perplexity	Vorschläge für die Kombination von ModelBuilder-Tools beim Zugänglichkeitslayer	Kapitel 6.4 und 6.5	Aus den vorgeschlagenen Kombinationen der Tools wurde schließlich eine Möglichkeit herangezogen und die einzelnen Tools in ihrer Funktion überprüft.
Perplexity	Möglichkeiten, um csv-Datei in AGOL weiterzuverarbeiten	Kapitel 6.3 und 6.6	Es wurde nach Vorschlägen und Limitationen gefragt, wie die csv-Datei in AGOL aktuell gehalten werden und weiterverarbeitet werden kann. Diese wurden eigenständig begutachtet, ausprobiert und dann für eine Möglichkeit entschieden.
ChatGPT	Formulierungshilfe	Volltexte	„Sperrige“ Sätze wurden umformuliert und die Texte leichter verständlich gemacht. Die Ergebnisse wurden eigenständig überprüft und leicht adaptiert.

Tabelle 22: Hilfsmittelverzeichnis – Einsatz von KI-Tools

Bei obiger Auflistung besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

Anhang

a. Einverständniserklärungen

Stadt Ternitz

Nutzungsvertrag

zwischen

der Stadtgemeinde Ternitz

Stadtgemeinde Ternitz

Hans Czettel-Platz 1

2630 Ternitz

Und

Stefan Grundtner

(im Folgenden kurz „Nutzer“ genannt)

wie folgt:

- 1) Die Stadtgemeinde Ternitz räumt dem Nutzer ein unentgeltliches Recht der Nutzung der Daten ein. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass sich dieses Nutzungsrecht **ausschließlich auf die Masterarbeit** von Herrn Stefan Grundtner mit dem Arbeitstitel „GIS-Einsatz und Erstellung eines Tools zur Vorbeugung und Unterstützung bei Waldbränden im Raum Neunkirchen/Wiener Neustadt“ **beschränkt** und dem Nutzer kein Eigentum an dem übergebenen Datenmaterial übertragen wird.

- 2) Auf Verlangen der Stadtgemeinde Ternitz hat der Nutzer Auskunft und Einblick über Art, Umfang und Zweck der Nutzung der Daten zu erteilen. **Verwendungszweck:** Die Daten des Waldfachplanes, die die Feuerwehren mit MerginMaps aufgenommen haben, sollen in ein GIS-Tool einfließen, um das Waldbrandrisikopotential im Raum Neunkirchen/Wiener Neustadt darstellen zu können. Der Nutzer hat vor, ArcGIS Pro zu verwenden.
- 3) Die Weitergabe der Daten und verarbeiteten Daten (oder Auszüge davon) an Dritte bzw. Präsentation gerichtet an Dritte bedarf grundsätzlich einer gesonderten Vereinbarung. Zu dieser Weitergabe an Dritte zählt auch die Verwendung im Rahmen von Wettbewerben und Ausschreibungen, die Weitergabe als integrierter Bestandteil von Informationsapplikationen oder die Publikation des Datenmaterials und von Auszügen davon, auch im Rahmen von Masterarbeiten. Einer Veröffentlichung im Rahmen einer Masterarbeit wird nur zugestimmt, wenn diese bei Auflage in der Bibliothek mit einem 5-jährigen Sperrvermerk versehen wird.

Insbesondere bei Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Be- bzw. Verarbeitung ist der Nutzer der Stadtgemeinde Ternitz gegenüber verantwortlich, dass diese Dritten das Datenmaterial ausschließlich im Rahmen ihres Auftrages und gemäß diesem Nutzungsvertrag verwenden und das Datenmaterial nach Auftrags erledigung unverzüglich löschen. Dementsprechend verpflichtet sich der Nutzer die Rechte und Pflichten des gegenständlichen Nutzungsvertrags an diese Dritten zu überbinden und auf Verlangen die Dritten, die Datenart, das Ausmaß und den Zweck der Datenweitergabe bekannt geben.

- 4) Ein Weiterverkauf der Ausgangsdaten und verarbeiteter Daten oder von Auszügen davon ist im Rahmen dieses Nutzungsvertrags untersagt.
- 5) Eine Haftung für Mängel des Datenmaterials und daraus resultierenden Mängelfolgeschäden wird von der Stadtgemeinde Ternitz nicht übernommen. Für Vollständigkeit, Aktualität und Detailgenauigkeit der Geodaten wird keine Gewähr geleistet. Gegenüber Ansprüchen von Dritten verpflichtet sich der Nutzer, die Stadtgemeinde Ternitz schad- und klaglos zu halten.
- 6) Der Nutzer hat durch Ergreifung aller zumutbaren technischen Vorkehrungen sicherzustellen, dass unberechtigte Personen keinen Zugriff auf das Datenmaterial (und Auszüge davon) haben. Außerdem hat der Nutzer die in seinem Bereich Zugriffsberechtigten über den Nutzungsvertrag in Kenntnis zu setzen.

- 7) Im Falle der Verletzung des Nutzungsvertrages durch den Nutzer erlischt die Berechtigung zur Nutzung des Datenmaterials mit sofortiger Wirkung. Der Nutzer haftet jedenfalls für jeden daraus entstandenen Schaden. Im Falle der vertragswidrigen Nutzung des Datenmaterials behält sich die Stadtgemeinde Ternitz vor, gerichtlich gegen den Nutzer vorzugehen.
- 8) Im Falle von Rechtsstreitigkeiten aus diesem Vertragsverhältnis ist das sachlich zuständige Gericht der Stadtgemeinde Ternitz ausschließlich zuständig. Es gilt österreichisches Recht unter Ausschluss des UN-Kaufrechts.

Ternitz, am

Ternitz, am 14.05.2025

Stadtgemeinde

Stefan Grundtner

Ternitz

(Nutzer)

WNSKS

Nutzungsvertrag

zwischen

Der **Wiener Neustädter Stadtwerke und Kommunal Service GmbH**

Ungargasse 25

2700 Wiener Neustadt

(im Folgenden kurz „WNSKS“) genannt

Und

Stefan Grundtner

(im Folgenden kurz „Nutzer“ genannt)

wie folgt:

- 1) Die WNSKS räumt dem Nutzer ein unentgeltliches Recht der Nutzung der Daten ein. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass sich dieses Nutzungsrecht **ausschließlich auf die Masterarbeit** von Herrn Stefan Grundtner mit dem Arbeitstitel „GIS-Einsatz und Erstellung eines Tools zur Vorbeugung und Unterstützung bei Waldbränden im Raum Neunkirchen/Wiener Neustadt“ **beschränkt** und dem Nutzer kein Eigentum an dem übergebenen Datenmaterial übertragen wird.
- 2) Auf Verlangen der WNSKS hat der Nutzer Auskunft und Einblick über Art, Umfang und Zweck der Nutzung der Daten zu erteilen. **Verwendungszweck:** Die Daten des Waldfachplanes, die die Feuerwehren mit MerginMaps aufgenommen haben, sollen in ein GIS-Tool einfließen, um das Waldbrandrisikopotential im Raum Neunkirchen/Wiener Neustadt darstellen zu können. Der Nutzer hat vor, ArcGIS Pro zu verwenden.
- 3) Die Weitergabe der Daten und verarbeiteten Daten (oder Auszüge davon) an Dritte bzw. Präsentation gerichtet an Dritte bedarf grundsätzlich einer gesonderten Vereinbarung. Zu dieser Weitergabe an Dritte zählt auch die Verwendung im Rahmen von Wettbewerben und Ausschreibungen, die Weitergabe als integrierter Bestandteil von Informationsapplikationen oder die Publikation des Datenmaterials und von Auszügen davon, auch im Rahmen von Masterarbeiten. Einer Veröffentlichung im Rahmen einer Masterarbeit wird nur zugestimmt, wenn diese bei Auflage in der Bibliothek mit einem 5-jährigen Sperrvermerk versehen wird.

Insbesondere bei Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Be- bzw. Verarbeitung ist der Nutzer der WNSKS gegenüber verantwortlich, dass diese Dritten das Datenmaterial ausschließlich im Rahmen ihres Auftrages und gemäß diesem Nutzungsvertrag verwenden und das Datenmaterial nach Auftragserledigung unverzüglich löschen. Dementsprechend verpflichtet sich der Nutzer die Rechte und Pflichten des gegenständlichen Nutzungsvertrags an diese Dritten zu überbinden und auf Verlangen die Dritten, die Datenart, das Ausmaß und den Zweck der Datenweitergabe bekannt geben.

- 4) Ein Weiterverkauf der Ausgangsdaten und verarbeiteter Daten oder von Auszügen davon ist im Rahmen dieses Nutzungsvertrags untersagt.
- 5) Eine Haftung für Mängel des Datenmaterials und daraus resultierenden Mängelfolgeschäden wird von der WNSKS nicht übernommen. Für Vollständigkeit, Aktualität und Detailgenauigkeit der Geodaten wird keine Gewähr geleistet. Gegenüber Ansprüchen von Dritten verpflichtet sich der Nutzer die WNSKS schad- und klaglos zu halten.
- 6) Der Nutzer hat durch Ergreifung aller zumutbaren technischen Vorkehrungen sicherzustellen, dass unberechtigte Personen keinen Zugriff auf das Datenmaterial (und Auszüge davon) haben. Außerdem hat der Nutzer die in seinem Bereich Zugriffsberechtigten über den Nutzungsvertrag in Kenntnis zu setzen.
- 7) Im Falle der Verletzung des Nutzungsvertrages durch den Nutzer erlischt die Berechtigung zur Nutzung des Datenmaterials mit sofortiger Wirkung. Der Nutzer haftet jedenfalls für jeden daraus entstandenen Schaden. Im Falle der vertragswidrigen Nutzung des Datenmaterials behält sich die WNSKS vor, gerichtlich gegen den Nutzer vorzugehen.
- 8) Im Falle von Rechtsstreitigkeiten aus diesem Vertragsverhältnis ist das sachlich zuständige Gericht der WNSKS ausschließlich zuständig. Es gilt österreichisches Recht unter Ausschluss des UN-Kaufrechts.

Wiener Neustadt, am

Wiener Neustadt, am 14.05.2025

Wiener Neustädter Stadtwerke und
Kommunal Service GmbH

Stefan Grundtner
(Nutzer)

b. Html-Code

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="de">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <title>GRU-WBI NK</title>
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <link rel="stylesheet" href="https://unpkg.com/leaflet/dist/leaflet.css" />
  <style>
    #map {
      height: 90vh;
      width: 100%;
    }
    body {
      margin: 0;
      font-family: sans-serif;
    }
    table {
      width: 100%;
      font-size: 0.9em;
      border-collapse: collapse;
    }
    .info.legend {
      background: white;
      padding: 8px 10px;
      font-size: 0.9em;
      box-shadow: 0 0 15px rgba(0,0,0,0.2);
      border-radius: 5px;
      line-height: 1.4;
    }
    th, td {
      padding: 2px 6px;
      border: 1px solid #ccc;
      text-align: center;
    }
  </style>
</head>
<body>
  <h3 style="text-align:center;">Meteorologischer GRU-WBI Bezirk Neunkir-
chen</h3>
  <div id="map"></div>
  <script src="https://unpkg.com/leaflet/dist/leaflet.js"></script>
  <script>
    const map = L.map('map').setView([47.7, 16.0], 10);
    L.tileLayer('https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
      maxZoom: 18,
      attribution: '© OpenStreetMap-Mitwirkende'
    }).addTo(map);
  </script>

```

```

const apiUrl = "https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/grid/forecast/now-
cast-v1-15min-1km?parameters=ff,t2m,rh2m,rr&bbox=47.45,15.59,47.88,16.22";

fetch(apiUrl)
  .then(response => {
    if (!response.ok) throw new Error("API-Fehler: " + response.status);
    return response.json();
  })
  .then(data => {
    const timestamps = data.timestamps.slice(11, 12); // Nur der letzte
    Zeitpunkt

    data.features.forEach((feature, index) => {
      const [lon, lat] = feature.geometry.coordinates;
      const p = feature.properties.parameters;

      const rows = timestamps.map((time, i) => `
        <tr>
          <td>${new Date(time).toLocaleTimeString([], {hour: '2-digit', mi-
nute: '2-digit'})}</td>
          <td>${p.t2m?.data[i]?.toFixed(1) ?? '-'}</td>
          <td>${p.ff?.data[i]?.toFixed(1) ?? '-'}</td>
          <td>${p.rh2m?.data[i]?.toFixed(1) ?? '-'}</td>
          <td>${p.rr?.data[i]?.toFixed(2) ?? '-'}</td>
        </tr>
      `).join('');

      // Erste Zeitstufe (aktueller Wert)
      const tVal = p.t2m?.data[0];
      const ffVal = p.ff?.data[0];
      const rrVal = p.rr?.data[0];
      const rhVal = p.rh2m?.data[0];

      function classifyTemp(temp) {
        if (temp <= 0) return 1;
        if (temp <= 15) return 2;
        if (temp <= 30) return 4;
        return 6;
      }

      function classifyWind(ff) {
        if (ff <= 3.4) return 0;
        if (ff <= 5.5) return 1;
        if (ff <= 8.3) return 2;
        return 4;
      }

      function classifyRain(rr) {
        if (rr === 0) return 4;
        if (rr <= 0.625) return 3;

```

```

        if (rr <= 2.5) return 2;
        return 1;
    }
    function classifyHumidity(rh2m) {
        if (rh2m <= 30) return 4;
        if (rh2m <= 60) return 2;
        if (rh2m <= 80) return 1;
        return 0;
    }
    const tempClass = classifyTemp(tVal);
    const windClass = classifyWind(ffVal);
    const rainClass = classifyRain(rrVal);
    const humClass = classifyHumidity(rhVal);

    const riskScore = tempClass + windClass + rainClass +
humClass; // Summe der Einzelklassen

    const popupContent = `
        <b>Position:</b> ${lat.toFixed(5)},
${lon.toFixed(5)}<br><br>
        <table>
            <thead>
                <tr>
                    <th>Zeit</th><th>Temp (°C)</th><th>Wind
(m/s)</th><th>Luftfeuchte (%)</th><th>Niederschl (kg/m²)</th>
                </tr>
            </thead>
            <tbody>${rows}
                <tr>
                    <td><b>Klasse</b></td>
                    <td>${tempClass}</td>
                    <td>${windClass}</td>
                    <td>${humClass}</td>
                    <td>${rainClass}</td>
                </tr>
            </tbody>
        </table>
    `;

    function getRiskColor(score) {
        if (score <= 9) return '#a6d96a'; // gering
        grün
        if (score <= 12) return '#ffffbf'; // mäßig
        gelb
        if (score <= 15) return '#fdae61'; // hoch orange
        return '#d7191c'; // sehr hoch rot
    }

    const color = getRiskColor(riskScore);

```

```

        // Quadrat-Koordinaten berechnen (~1km x 1km bei dieser Auflösung)
        const latOffset = 0.0045; // ca. 500m Nord-Süd
        const lngOffset = latOffset / Math.cos(lat * Math.PI / 180);
// Ost-West angepasst
        const bounds = [
            [lat - latOffset, lon - lngOffset],
            [lat + latOffset, lon + lngOffset]
        ];

        L.rectangle(bounds, {
            color: color,
            weight: 1,
            fillOpacity: 0.5
        }).addTo(map).bindPopup(popupContent);
    });

    // Legende für Risikoindex
    const legend = L.control({ position: 'bottomright' });

    legend.onAdd = function (map) {
        const div = L.DomUtil.create('div', 'info legend');
        const grades = [
            { label: ' < 10: gering', color: '#a6d96a' },
            { label: ' 10-12: mäßig', color: '#ffffbf' },
            { label: '13-15: hoch', color: '#fdae61' },
            { label: '16-18: sehr hoch', color: '#d7191c' }
        ];

        div.innerHTML += '<b>GRU-WBI</b><br>';
        grades.forEach(g => {
            div.innerHTML +=
                `<i style="background:${g.color}; width:18px;
height:18px; display:inline-block; margin-right:6px;"></i> ${g.label}<br>`;
        });

        return div;
    };

    legend.addTo(map);
})
.catch(err => {
    console.error("Fehler beim Laden der Daten:", err);
    alert("Fehler beim Abrufen der Wetterdaten.");
});
</script>
</body>
</html>

```

c. Python-Skript

```
# -*- coding: utf-8 -*-

import requests
import csv

# Klassifizierungsfunktionen
def classify_temp(temp):
    if temp <= 0:
        return 1
    if temp <= 15:
        return 2
    if temp <= 30:
        return 4
    return 6

def classify_wind(ff):
    if ff <= 3.4:
        return 0
    if ff <= 5.5:
        return 1
    if ff <= 8.3:
        return 2
    return 4

def classify_rain(rr):
    if rr == 0:
        return 4
    if rr <= 0.625:
        return 3
    if rr <= 2.5:
        return 2
    return 0

def classify_humidity(hum):
    if hum <= 30:
        return 4
    if hum <= 60:
        return 2
    if hum <= 80:
        return 1
    return 0

# API-URL
url = "https://dataset.api.hub.geosphere.at/v1/grid/forecast/nowcast-v1-15min-1km?parameters=ff,t2m,rh2m,rr&bbox=47.45,15.59,47.88,16.22"

# Anfrage an die API senden
response = requests.get(url)
```

```

data = response.json()

# Zeitstempel-Liste extrahieren
timestamps = data["timestamps"]

# CSV-Datei schreiben
with open('wetterdaten.csv', mode='w', newline='', encoding='utf-8') as file:
    writer = csv.writer(file)
    # Kopfzeile
    writer.writerow([
        'longitude', 'latitude', 'timestamp',
        'temperature_C', 'wind_speed', 'humidity', 'precipitation',
        'temp_class', 'wind_class', 'hum_class', 'rain_class', 'gru_wbi'
    ])

    # Über alle Features iterieren
    for feature in data["features"]:
        lon, lat = feature["geometry"]["coordinates"]
        params = feature["properties"]["parameters"]
        t2m = params["t2m"]["data"]
        ff = params["ff"]["data"]
        rh2m = params["rh2m"]["data"]
        rr = params["rr"]["data"]

        # Für den letzten Zeitschritt je einen Eintrag schreiben
        for i in range(-1, 0): # Alternativ range(11, 12)
            timestamp = timestamps[i]
            temp_val = t2m[i]
            wind_val = ff[i]
            rain_val = rr[i]
            humi_val = rh2m[i]

            temp_class = classify_temp(temp_val)
            wind_class = classify_wind(wind_val)
            hum_class = classify_humidity(humi_val)
            rain_class = classify_rain(rain_val)
            gru_wbi = temp_class + wind_class + hum_class + rain_class

            writer.writerow([
                lon, lat, timestamp,
                temp_val, wind_val, humi_val, rain_val,
                temp_class, wind_class, hum_class, rain_class, gru_wbi
            ])

print("Daten erfolgreich in wetterdaten.csv gespeichert!")

#%

```