

Analysis of Road Networks after Natural Disasters using Multi-sensorial Remote Sensing Techniques

Daniel Frey & Matthias Butenuth

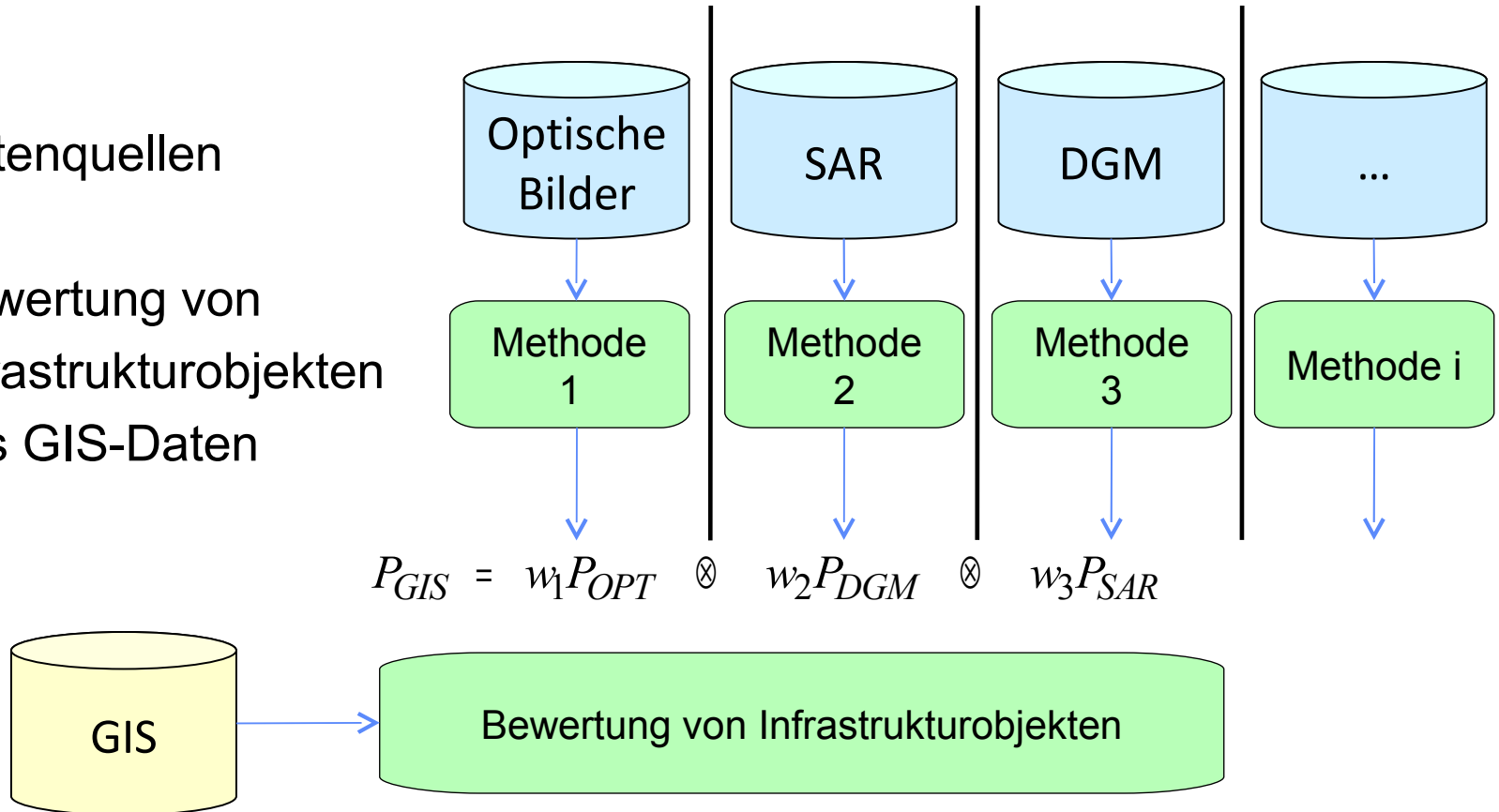
Lehrstuhl für Methodik der Fernerkundung
Technische Universität München

- Motivation
- Gesamtsystem
- Bewertung von Straßen auf Befahrbarkeit nach Flutkatastrophen
- Ergebnis und Evaluation
- Ausblick

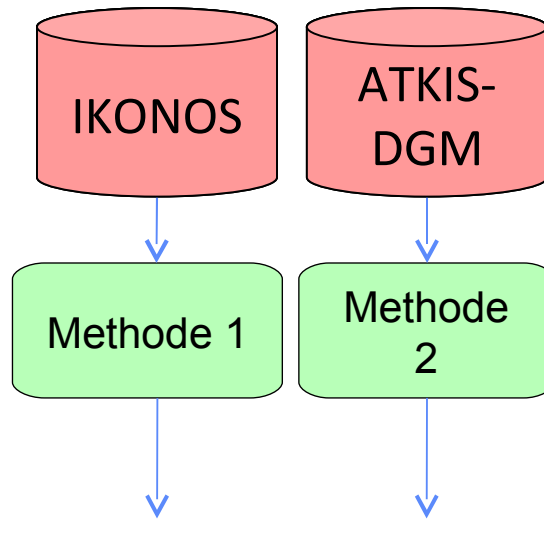


**Man muss sich vor Ort gut auskennen,
um helfen zu können.**

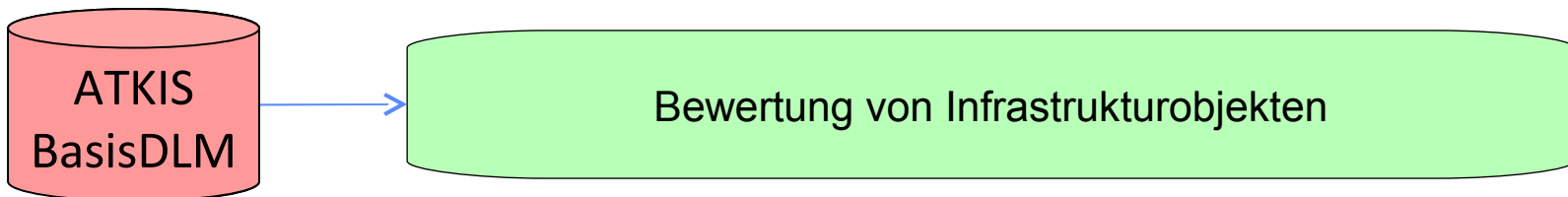
- Datenquellen
- Bewertung von Infrastrukturobjekten aus GIS-Daten



- Verwendetes Datenmaterial



$$P_{GIS} = w_1 P_{OPT} \otimes w_2 P_{DGM}$$



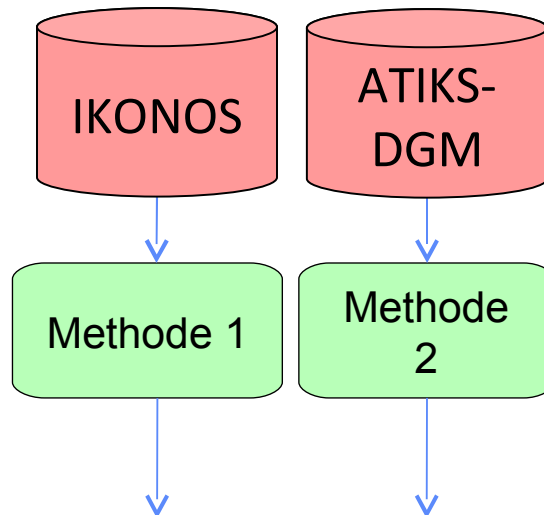
3. Bewertung von Straßen auf Befahrbarkeit



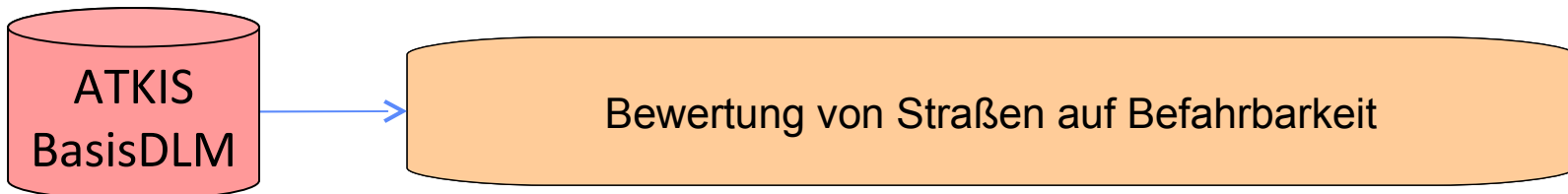
3. Bewertung von Straßen auf Befahrbarkeit



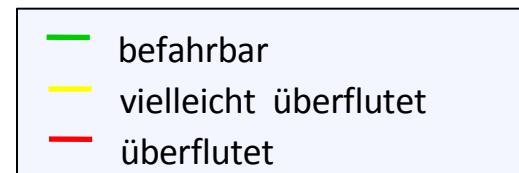
- Verwendetes Datenmaterial



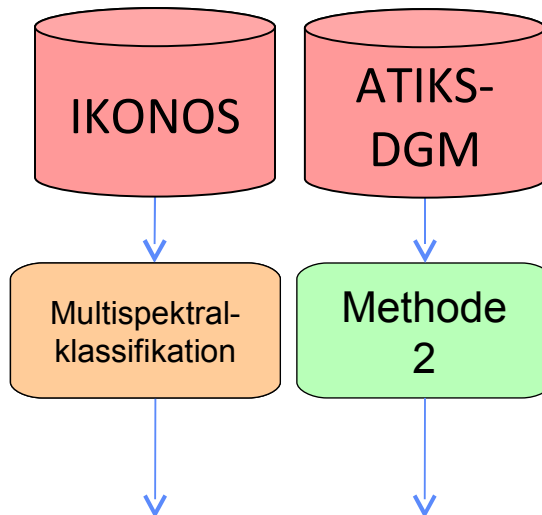
$$P_{GIS} = w_1 P_{OPT} \otimes w_2 P_{DGM}$$



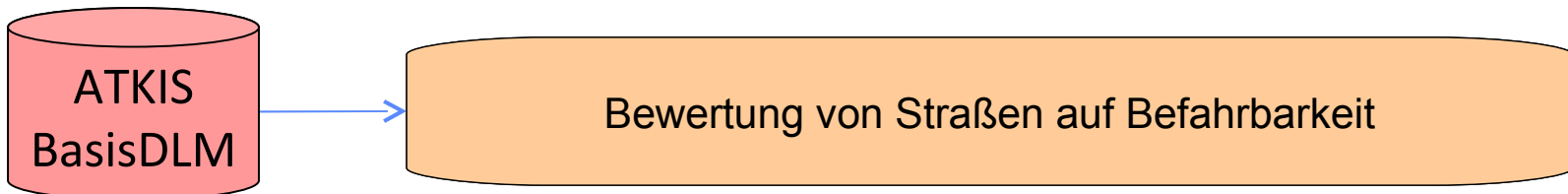
- Ziel der Bewertung
 - Einteilung der Straßen in drei Kategorien
 1. Befahrbar
 2. Vielleicht überflutet
 3. Überflutet



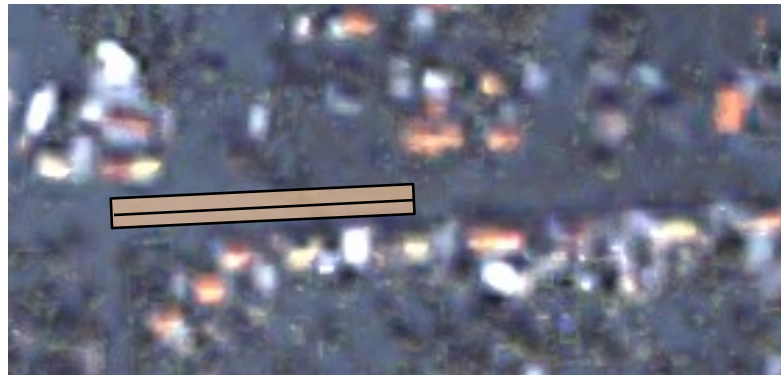
- Verwendetes Datenmaterial



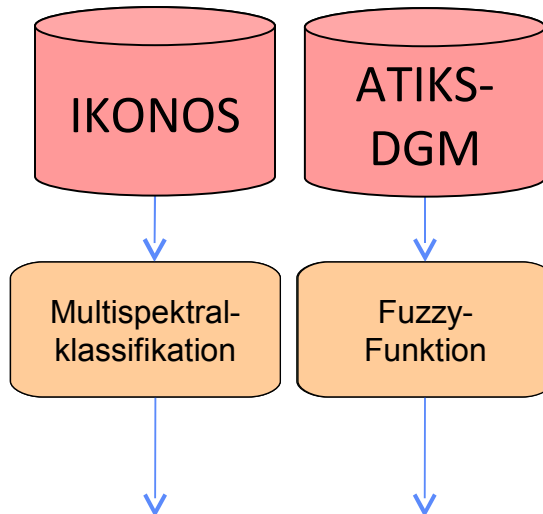
$$P_{GIS} = w_1 P_{OPT} \otimes w_2 P_{DGM}$$



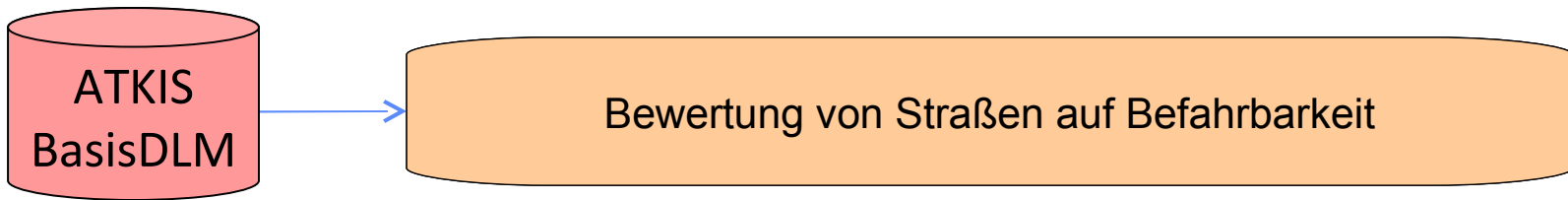
- Multispektralklassifikation
 - Überwachte Klassifikation
 - ⇒ Erstellen von Trainingsgebieten für die Klassen:
Wasser, Straße, Wald, Bewölkung
 - Klassifikation der einzelnen Straßensegmente zu Klasse i mit zugehöriger Wahrscheinlichkeit p_i



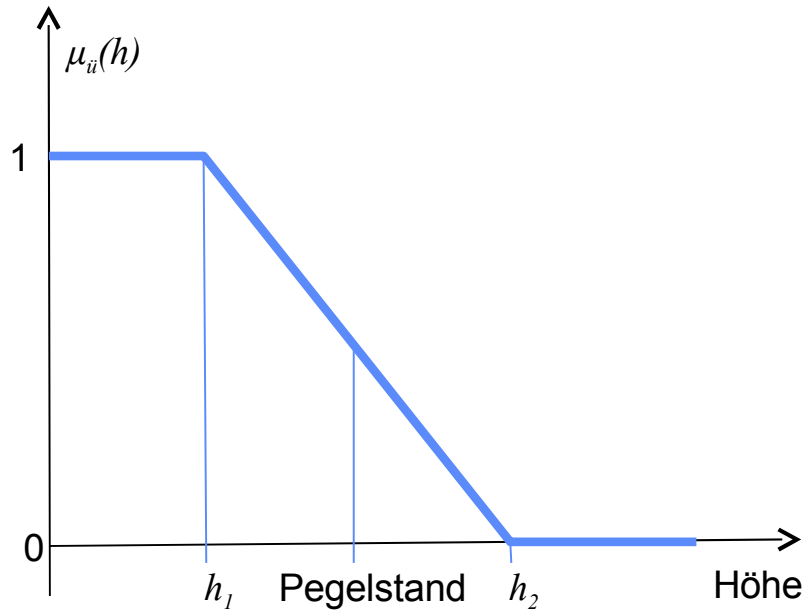
- Verwendetes Datenmaterial



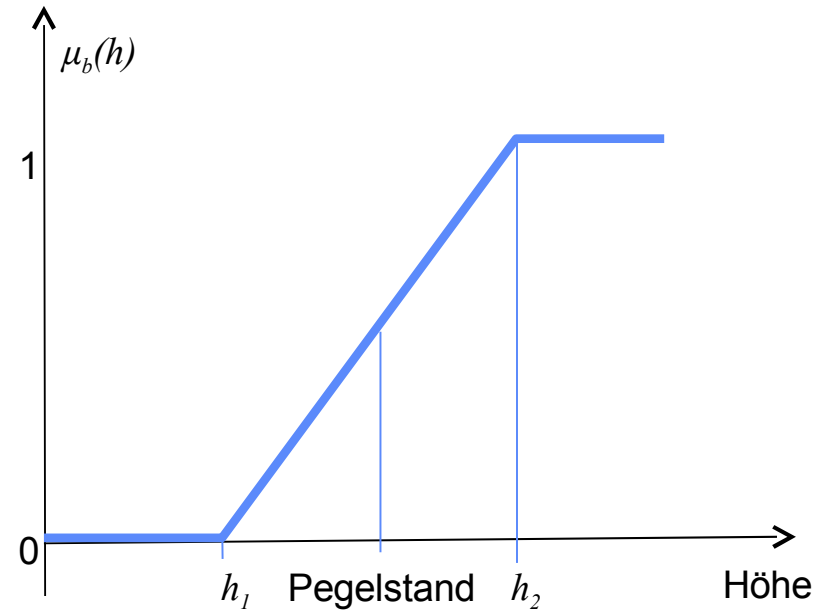
$$P_{GIS} = w_1 P_{OPT} \otimes w_2 P_{DGM}$$



■ Fuzzy - Funktionen



$\mu_{\ddot{u}}(h)$ = Wahrscheinlichkeit, dass Objekt überflutet ist

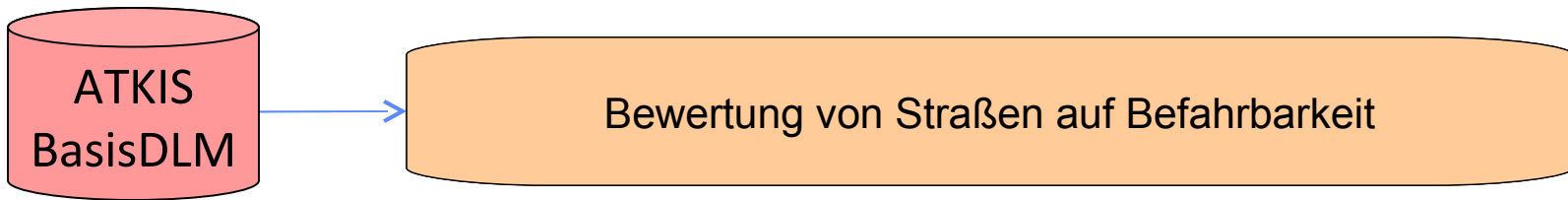
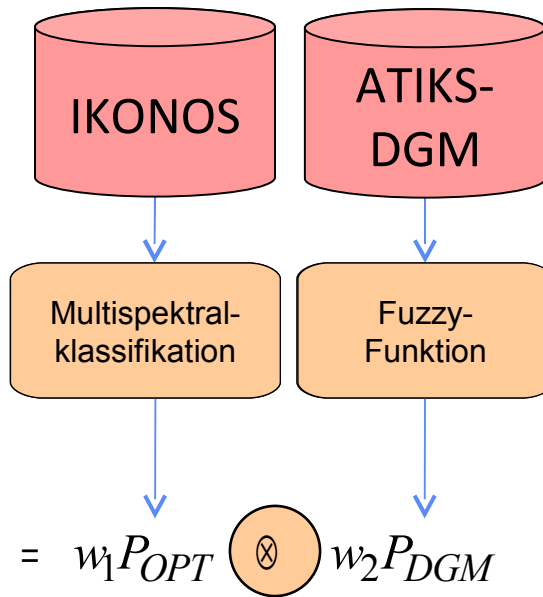


$\mu_b(h)$ = Wahrscheinlichkeit, dass Objekt befahrbar ist

h_2 = höchster Pegelstand in Szene + Puffer

h_1 = niedrigster Pegelstand in Szene + großen Puffer

- Verwendetes Datenmaterial

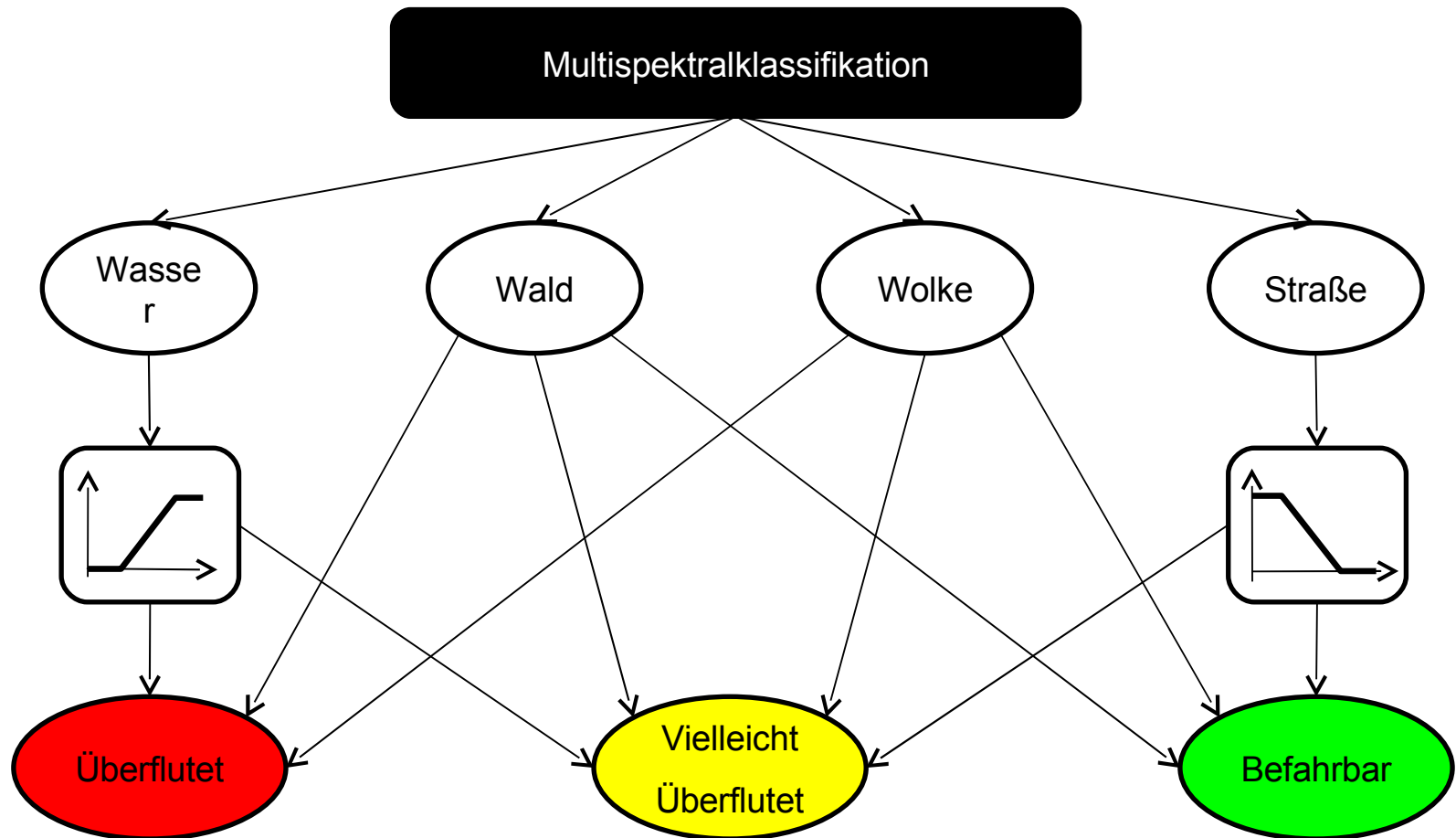


- Kombination der Wahrscheinlichkeiten
 - $\mu_b(h), \mu_{\ddot{u}}(h)$: Fuzzy-Wahrscheinlichkeiten
 - $p_w(g), p_s(g)$: Wahrscheinlichkeiten aus Multispektralklassifikation
 - $\mu_b(h, g), \mu_{\ddot{u}}(h, g)$: Kombinierten Wahrscheinlichkeiten

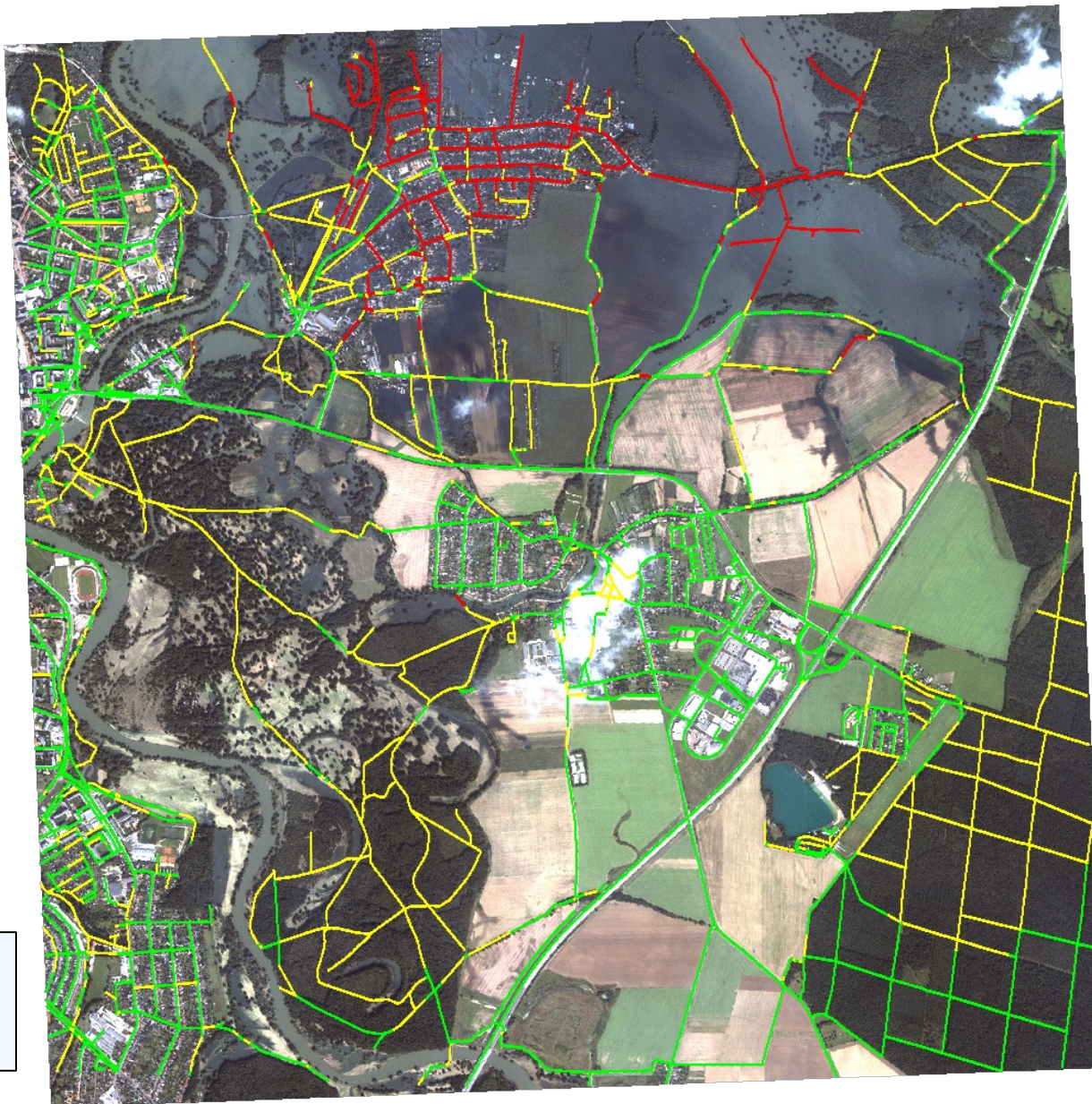
$$\mu_b(h, g) = \begin{cases} \mu_b(h) = 0 & h \leq h_1 \\ \mu_b(h) \cdot p_s(g) & h_1 < h \leq h_2 \\ \mu_b(h) = 1 & h \geq h_2 \end{cases}$$

$$\mu_{\ddot{u}}(h, g) = \begin{cases} \mu_{\ddot{u}}(h) = 1 & h \leq h_1 \\ \mu_{\ddot{u}}(h) \cdot p_w(g) & h_1 < h \leq h_2 \\ \mu_{\ddot{u}}(h) = 0 & h \geq h_2 \end{cases}$$

- Schematische Übersicht der Bewertung

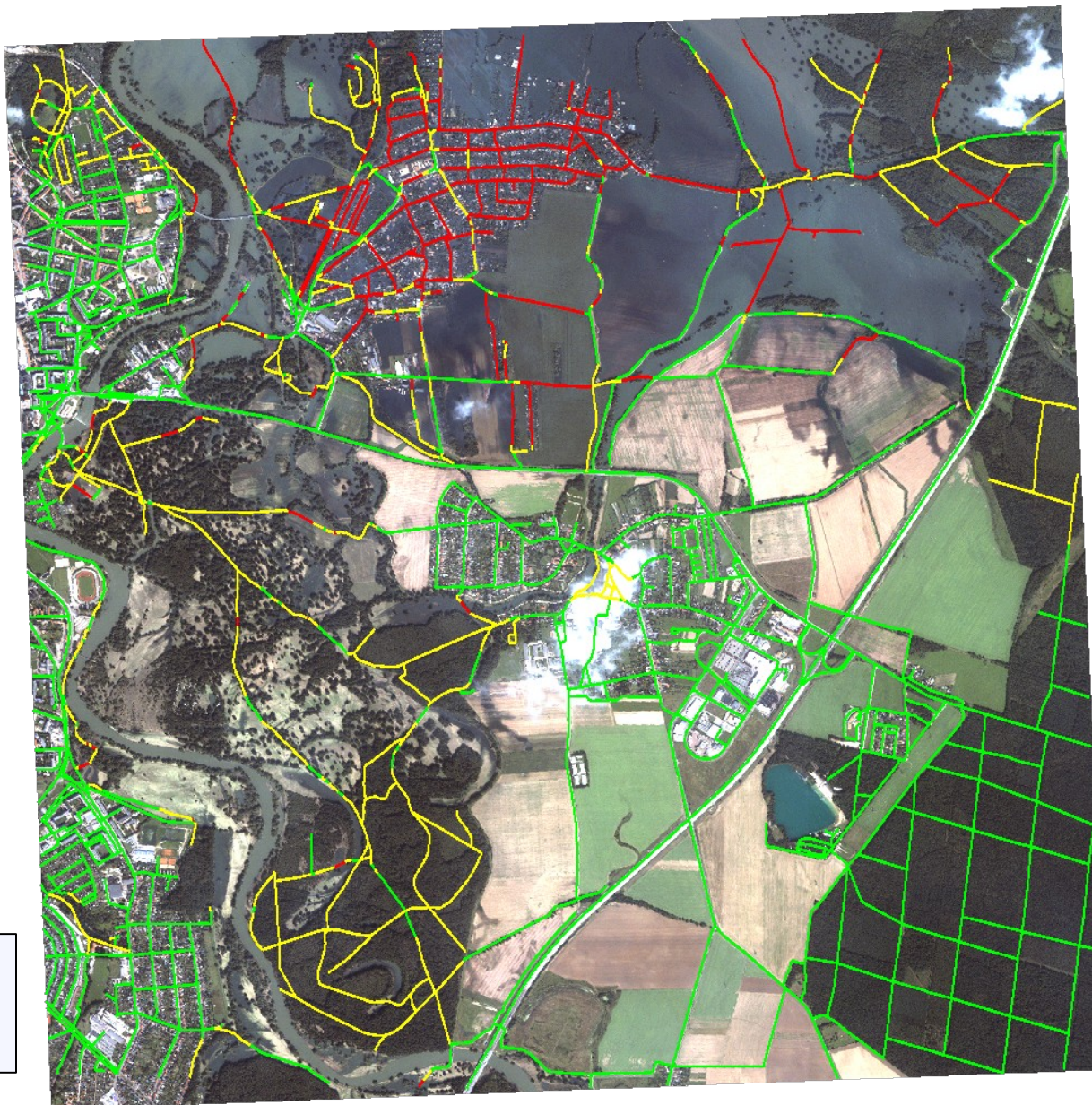



- Ergebnis:



— befahrbar
— vielleicht überflutet
— überflutet

- Manuell Erzeugte Referenz:



	befahrbar
	vielleicht überflutet
	überflutet

- Evaluierung: Kombinationsmöglichkeiten

<i>Ergebnis</i>	<i>Referenz</i>	<i>Evaluierung</i>	<i>Bedeutung für Hilfsaktionen</i>
Ü	Ü	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher überflutet.
Ü	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise muss ein Umweg in Kauf genommen werden.
Ü	B	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte müssen fälschlicherweise einen Umweg machen.
V	Ü	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
V	V	Korrekt zugeordnet	Keine sichere Aussage über Befahrbarkeit möglich.
V	B	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
B	Ü	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte werden in eine Sackgasse geleitet.
B	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise werden die Hilfskräfte in eine Sackgasse geleitet.
B	B	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher befahrbar.

- Evaluierung: Kombinationsmöglichkeiten

<i>Ergebnis</i>	<i>Referenz</i>	<i>Evaluierung</i>	<i>Bedeutung für Hilfsaktionen</i>
Ü	Ü	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher überflutet.
Ü	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise muss ein Umweg in Kauf genommen werden.
Ü	B	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte müssen fälschlicherweise einen Umweg machen.
V	Ü	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
V	V	Korrekt zugeordnet	Keine sichere Aussage über Befahrbarkeit möglich.
V	B	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
B	Ü	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte werden in eine Sackgasse geleitet.
B	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise werden die Hilfskräfte in eine Sackgasse geleitet.
B	B	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher befahrbar.

- Evaluierung: Kombinationsmöglichkeiten

<i>Ergebnis</i>	<i>Referenz</i>	<i>Evaluierung</i>	<i>Bedeutung für Hilfsaktionen</i>
Ü	Ü	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher überflutet.
Ü	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise muss ein Umweg in Kauf genommen werden.
Ü	B	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte müssen fälschlicherweise einen Umweg machen.
V	Ü	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
V	V	Korrekt zugeordnet	Keine sichere Aussage über Befahrbarkeit möglich.
V	B	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
B	Ü	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte werden in eine Sackgasse geleitet.
B	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise werden die Hilfskräfte in eine Sackgasse geleitet.
B	B	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher befahrbar.

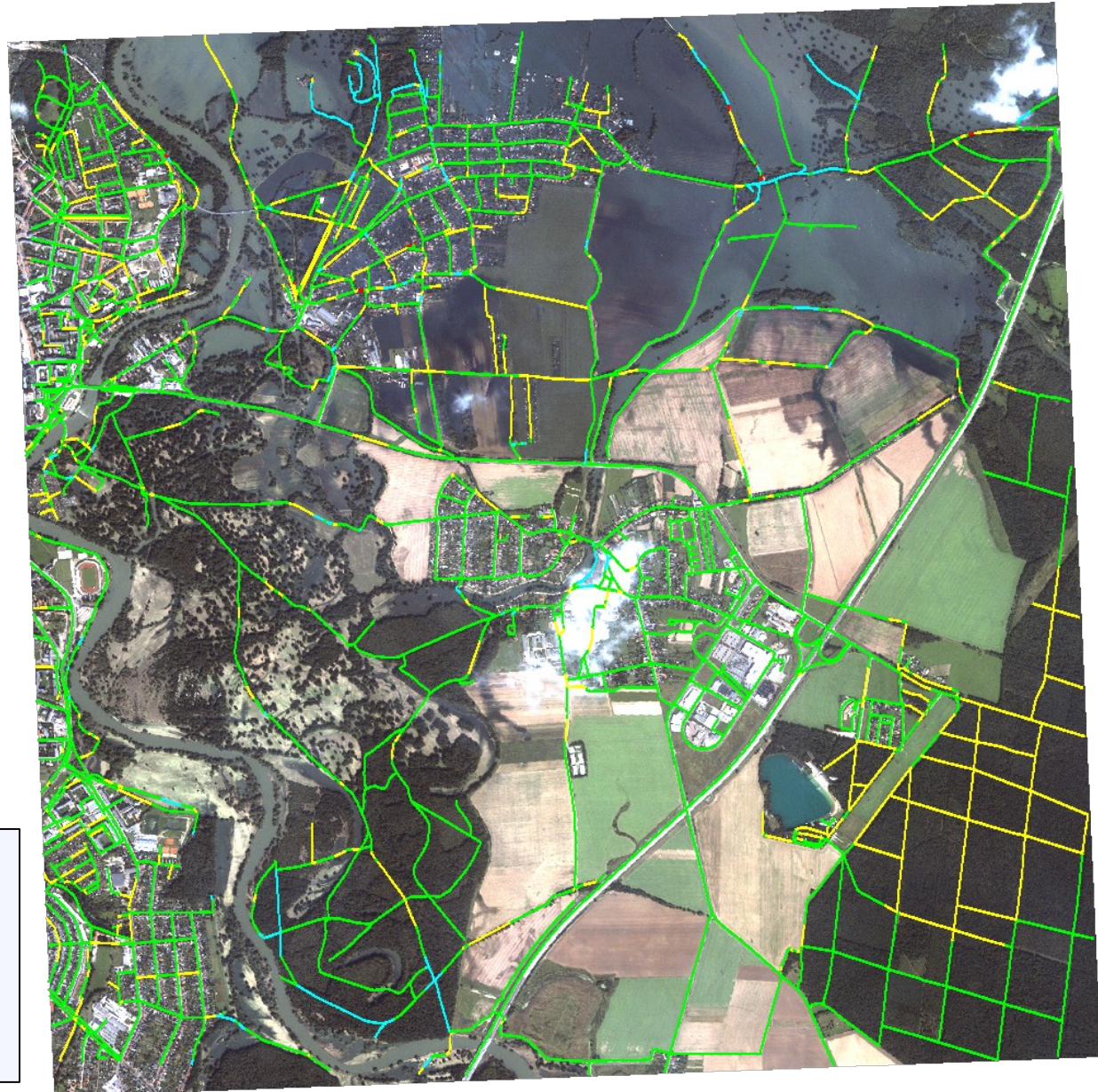
- Evaluierung: Kombinationsmöglichkeiten

<i>Ergebnis</i>	<i>Referenz</i>	<i>Evaluierung</i>	<i>Bedeutung für Hilfsaktionen</i>
Ü	Ü	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher überflutet.
Ü	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise muss ein Umweg in Kauf genommen werden.
Ü	B	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte müssen fälschlicherweise einen Umweg machen.
V	Ü	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
V	V	Korrekt zugeordnet	Keine sichere Aussage über Befahrbarkeit möglich.
V	B	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
B	Ü	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte werden in eine Sackgasse geleitet.
B	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise werden die Hilfskräfte in eine Sackgasse geleitet.
B	B	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher befahrbar.

- Evaluierung: Kombinationsmöglichkeiten

<i>Ergebnis</i>	<i>Referenz</i>	<i>Evaluierung</i>	<i>Bedeutung für Hilfsaktionen</i>
Ü	Ü	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher überflutet.
Ü	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise muss ein Umweg in Kauf genommen werden.
Ü	B	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte müssen fälschlicherweise einen Umweg machen.
V	Ü	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
V	V	Korrekt zugeordnet	Keine sichere Aussage über Befahrbarkeit möglich.
V	B	Manuelle Kontrolle notwendig	Eine visuelle Nachbearbeitung ist von Nöten.
B	Ü	Falsch zugeordnet	Die Hilfskräfte werden in eine Sackgasse geleitet.
B	V	Vielleicht falsch zugeordnet	Möglicherweise werden die Hilfskräfte in eine Sackgasse geleitet.
B	B	Korrekt zugeordnet	Straße ist sicher befahrbar.

- Evaluierung:



- Korrekt zugeordnet
- Manuelle Kontrolle notwendig
- Vielleicht falsch zugeordnet
- Falsch zugeordnet

- Numerische Evaluierung:
 - Vergleich: Automatisches Ergebnis - Referenz

Korrekt zugeordnet	78,28 %
Manuelle Kontrolle notwendig	16,39 %
Vielleicht falsch zugeordnet	5,10 %
Falsch zugeordnet	0,27 %

- Vergleich: Referenz 1 – Referenz 2

Korrekt zugeordnet	84,63 %
Manuelle Kontrolle notwendig	10,37 %
Vielleicht falsch zugeordnet	4,76 %
Falsch zugeordnet	0,24 %

- Wahre Referenzdaten sind schwer zu erhalten, erfassbare Referenzdaten sind abhängig vom Operator
- Einbindung der Zeitkomponente
- Kombination verschiedener Sensoren (optisch, radar)
- Überflutet ist nicht identisch mit nicht befahrbar



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

