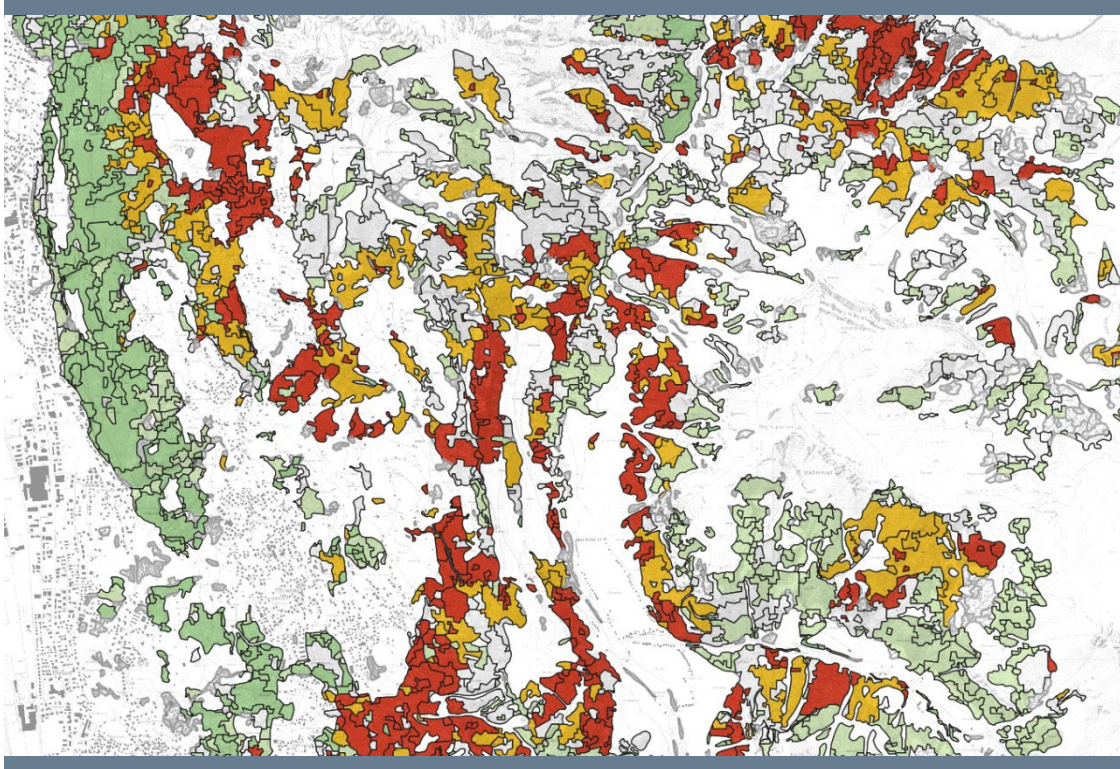




Erweiterte TBk Bestandeskarte Fürstentum Liechtenstein

Dokumentation, Version 1.0

07.01.2022

Berner Fachhochschule

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL

Abteilung Wald und Gesellschaft

Länggasse 85, 3052 Zollikofen

Kontakt: Hannes Horneber (hannes.horneber@bfh.ch, Tel. +41 31 848 51 63)

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	2
1.1	Datengrundlage	2
1.2	Resultierende Daten	3
2	Vertikale Struktur / Dauerwald Überführungsphasen	4
3	Lokale Dichtezonen	5
4	Baumartenempfehlung / Klimasensitivität	6
4.1	Entsprechung der Baumartenempfehlungen	6
4.2	Klimasensitivität	7
5	Anhang	8

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	: Übersicht über die erweiterten Attribute des Datensatzes TBk_Bestandekarte.shp	3
Tabelle 2	: Übersicht über die in der Karte verwendeten Überführungsphasen	4
Tabelle 3	: Empfehlungskategorien pro Baumart, mit unterschiedlicher Gewichtung für die Modellierung des Entsprechungs-Scores.	6

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	: Verschiedene Phasen der Bewirtschaftung unregelmässiger Bestände.	4
Abbildung 2	: Überführungscode pro Schicht. 3 stellt das Optimum dar, das durch sukzessives Durchlaufen der Stufen 0, 1 und 2 erreicht werden soll, aber auch nicht überschritten werden (4-5).	5
Abbildung 3	: Ermittlung der Überführungsphase anhand der TBk Daten für Jungwuchs/Dickung/Stangenholz (-3 bis -1). Wird fortgesetzt in Abbildung 4.	8
Abbildung 4	: Ermittlung der Überführungsphase anhand der TBk Daten für die Phasen 0-6. Fortsetzung aus Abbildung 3.	8

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes FINT-CH (Find Individual Trees Schweiz) wurde mit dem Toolkit Bestandekarten aus Fernerkundungsdaten (TBk) im Juni 2021 eine Bestandekarte geliefert. In dem hier dokumentierten Folgeprojekt wurden auf Basis dieser Bestandekarte weitere Hinweiskarten erarbeitet:

1. **Vertikale Struktur/Dauerwald Überführungsphasen:** Übersicht über die vertikalen Strukturen der Bestände basierend auf dem Deckungsgrad der Ober-, Mittel- und Unterschicht bzw. -stufe als Grundlage für die Dauerwaldbewirtschaftung
2. **Lokale Dichtezonen:** Visualisierung der zusammenhängenden Flächen von mehr als 10 Aren mit einem Deckungsgrad der Oberschicht von mehr als 85% (sehr dicht) oder von weniger als 25% (Lücke) als Grundlage für die Bestimmung des Handlungsbedarfes in den Wäldern
3. **Baumartenempfehlung/Klimasensitive Wälder:** Darstellung von Beständen, die laut Baumartenempfehlungen mit Hinblick auf den Klimawandel umgebaut werden sollten.

1.1 Datengrundlage

Datengrundlage für die Berechnungen waren:

- Waldperimeter LI (für TBk)
- swissSurface3D LiDAR-Daten 2017 zur Erstellung des Vegetationshöhenmodells (für TBk)
- WSL Waldmischgrad 2020 (für TBk)
- TreeApp Standortempfehlungen für drei Klimaszenarien

1.2 Resultierende Daten

Die **resultierenden Daten** werden zur Verfügung gestellt als Geodaten (.tif / .shp) und der bestehende TBk-Datensatz entsprechend aktualisiert:

- Ergänzung des TBk-Darstellungslayers für die Mehrschichtigkeit (.qml)
- Vektordaten (.shp) mit Dichte-Zonen / Lücken sowie Ergänzung des TBk-Datensatzes (.shp) um die Attribute zu Dichte (siehe)
- Ergänzung des TBk-Datensatzes (.shp) um die Attribute zu Baumartenempfehlung/Klimasensitivität für drei Szenarien: *Klima-jetzt*, *Klimaveränderung-mittel* und *Klimaveränderung-stark*

Darüber hinaus wurden als Gesamtübersicht zum Fürstentum Liechtenstein A1 Karten zu den oben genannten Kartenthemen erstellt.



Zudem wurde ein QGIS Projekt (mit allen Begleitdaten und Darstellungen) eingerichtet, dass alle Datensätze visualisiert. **Die .qgs ist angelegt als QField-kompatibles Projekt und kann ohne weitere Bearbeitung von QField geladen werden (z.B. zur Betrachtung im Feld mit Tablet/Smartphone).**

Tabelle 1 : Übersicht über die erweiterten Attribute des Datensatzes TBk_Bestandskarte.shp

Attribut	Bedeutung (pro Bestand)	Wertebereich
area_d	Fläche (m²) besonders dichter Teilflächen	>= 0 m²
dg_dense	Deckungsgrad (%) besonders dichter Flächen	0 - 100 %
area_sp	Fläche (m²) besonders lueckiger Teilflächen	>= 0 m²
dg_sparse	Deckungsgrad (%) besonders lueckiger Flächen	0 - 100 %
dg_other	Deckungsgrad (%) restlicher Flächen	0 - 100 %
clumpy	Clumpiness Index (vgl. hier)	>= 0
BU26_NODAT	RCP2.6 Buche Keine Empfehlungsdaten (Anzahl 1m² Zellen)	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
BU26_1	RCP2.6 Buche empfohlen (Anzahl 1m² Zellen)	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
BU26_2	RCP2.6 Buche bedingt empfohlen (Anzahl 1m² Zellen)	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
BU26_3	RCP2.6 Buche gefährdet (Anzahl 1m² Zellen)	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
BU26_4	RCP2.6 Buche in Zukunft empfohlen (Anzahl 1m² Zellen)	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
BU26_5	RCP2.6 Buche in Zukunft bedingt empfohlen (Anzahl 1m² Zellen)	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
... für jedes Modell (RCP2.6 / 4.5 / 8.5) und jede Baumart sind entsprechende Attribute vorhanden		
...		
FI85_5	RCP8.5 Fichte in Zukunft bedingt empfohlen (Anzahl 1m² Zellen)	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
BEmpf_area	Gesamt-Anzahl 1m² Zellen pro Bestand	>= 0 (Anzahl 1m² Zellen)
FI_ist	Fichte Ist-Anteil (Buchenanteil kann als 100 - FI_ist daraus abgeleitet werden)	0 - 100
BAES_jetzt	Baumarten-Empfehlungsscore heutiges Klima	-100 bis +100
BAES_med	Baumarten-Empfehlungsscore mittlerer Klimawandel	-100 bis +100
BAES_stark	Baumarten-Empfehlungsscore starker Klimawandel	-100 bis +100
BAES_d_med	Klimasensitivität mittlerer Klimawandel	0 bis 200
BAES_d_sta	Klimasensitivität starker Klimawandel	0 bis 200
BAEP_jetzt	Normalisierter Baumarten-Empfehlungsscore (in %) heutiges Klima	0 - 100 % und -99 (no data)
BAEP_mediu	Normalisierter Baumarten-Empfehlungsscore (in %) mittlerer Klimawandel	0 - 100 % und -99 (no data)
BAEP_stark	Normalisierter Baumarten-Empfehlungsscore (in %) starker Klimawandel	0 - 100 % und -99 (no data)
BAEP_med_d	Klimasensitivität (normalisiert in %) mittlerer Klimawandel	0 - 100 % und -99 (no data)
BAEP_sta_d	Klimasensitivität (normalisiert in %) starker Klimawandel	0 - 100 % und -99 (no data)

2 Vertikale Struktur / Dauerwald Überführungsphasen

Die Karte «Vertikale Struktur/Dauerwald Überführungsphasen» ist direkt abgeleitet aus den standardmässigen TBk Daten. Sie gibt eine Übersicht über die vertikalen Strukturen der Bestände basierend auf dem Deckungsgrad der Ober-, Mittel- und Unterschicht bzw. -stufe und dient als Grundlage für die Dauerwaldbewirtschaftung.

Es wurde ein Überführungscode auf Grundlage des Codes für unregelmässige Bestände ermittelt (siehe Abbildung 1 und Tabelle 2, vgl. Arbeiten von Schütz).

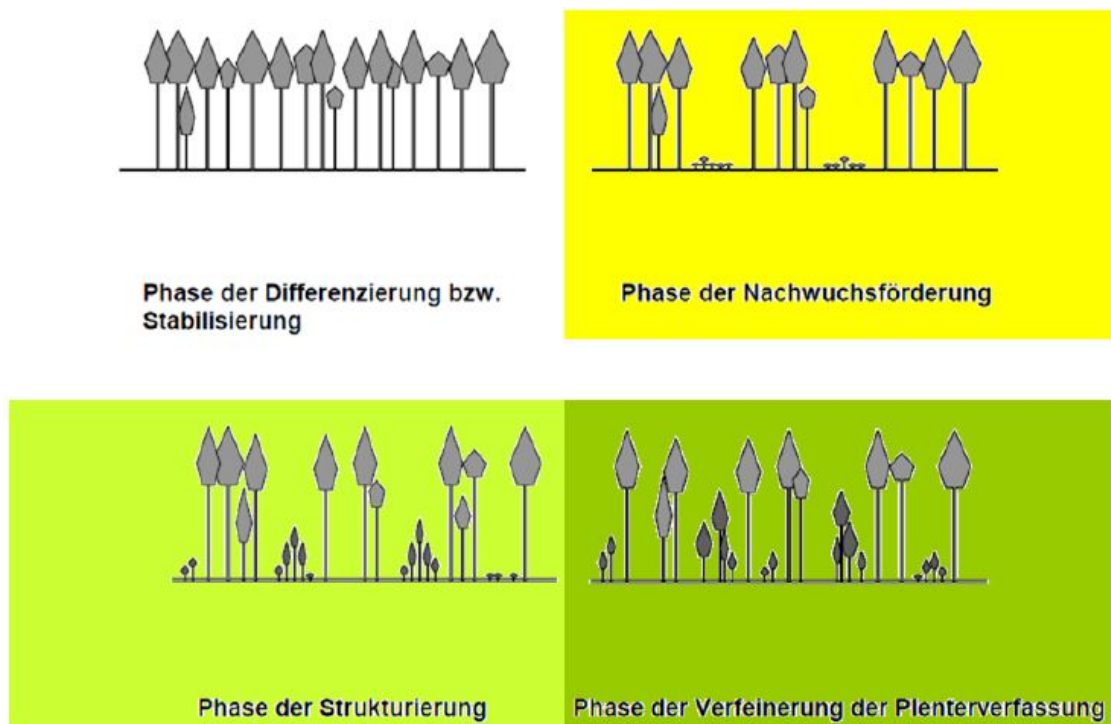
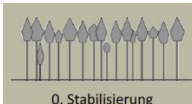
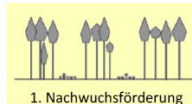
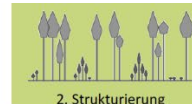
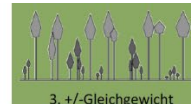


Abbildung 1 : Verschiedene Phasen der Bewirtschaftung unregelmässiger Bestände.

Tabelle 2 : Übersicht über die in der Karte verwendeten Überführungsphasen

Code	
-3 bis -1	Jungwuchs/Dickung/Stangenholz: Vorbereitungsphase (individuelle Stabilität und Konzentration der Wertproduktion)
0	Differenzierungsphase bzw. Stabilisierungsphase
1	Phase der Nachwuchsförderung
2	Strukturierungsphase
3	Verfeinerungs- und Erhaltungsphase der Struktur im Gleichgewicht
4	Phase, die durch ein Ungleichgewicht zwischen den Schichten gekennzeichnet ist
5	Phase, die durch einen unzureichenden Erholungsgrad der Oberschicht gekennzeichnet ist
6	Phase, die durch einen unzureichenden Überlappungsgrad der oberen Schicht/Stufe und der unteren Schichten/Stufe gekennzeichnet ist

					
Dickung, Stangenholz	0. Stabilisierung	1. Nachwuchsförderung	2. Strukturierung	3. +/-Gleichgewicht	4+. Struktur geht verloren

Bestandesabgrenzung aufgrund der räumlichen Verteilung der dominierenden Bäume und ihrer Oberhöhe

Die Beschriftung der Bestände folgt dem folgenden Schema:

Oberhöhe (m) . Überführungsphase . Überführungscode XYZ
DG(os) . DG(ms) . DG(us)

Die **Überführungsphase** ist in Tabelle 2 definiert. Die genaue Herleitung der Überführungsphasen ist im Anhang in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

Der **Überführungscode** wird pro Schicht angegeben und ist in Abbildung 2 aufgeschlüsselt: 3 stellt das Optimum dar, das durch sukzessives Durchlaufen der Stufen 0, 1 und 2 erreicht werden soll, aber auch nicht überschritten werden (4-5).

X: Oberschicht/Stufe

Y: Mittelschicht/Stufe

Z: Unterschicht/Stufe

Deckungsgrad (%)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	90-95	95-100
Oberschicht / Stufe	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0
Mittelschicht / Stufe	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Unterschicht / Stufe	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Abbildung 2 : Überführungscode pro Schicht. 3 stellt das Optimum dar, das durch sukzessives Durchlaufen der Stufen 0, 1 und 2 erreicht werden soll, aber auch nicht überschritten werden (4-5).

Die zweite Zeile der Beschriftung gibt den jeweiligen absoluten Deckungsgrad der Schicht an.

DG(os): Deckungsgrad Oberschicht und Überhälter (%)

DG(ms): Deckungsgrad Mittelschicht (%)

DG(us): Deckungsgrad Unter- und Krautschicht (%)

3 Lokale Dichtezonen

Die lokalen Dichtezonen stellen zusammenhängende Flächen von mehr als 10 Aren (0,1 ha) dar, mit

- Entweder einem Deckungsgrad der Oberschicht von mehr als 85% (sehr dicht)
- oder von weniger als 25% (Lücke).

Diese Zonen dienen als Grundlage für die Bestimmung des Handlungsbedarfes in den Wäldern.

Ein hoher Dichtegrad deutet auf ein mögliches Stabilitätsproblem aufgrund der seitlichen Konkurrenz hin (Länge der Kronen). Die Stabilität der dominanten Bäume ist im Umwandlungsprozess zum Dauerwald (vgl. Kapitel 2) von entscheidender Bedeutung. Mangelnde Stabilität kann dazu führen, dass nicht mit der aktuellen Baumgeneration (obere Schicht), sondern erst mit der nächsten überführt werden kann.

4 Baumartenempfehlung / Klimasensitivität

Die Karten «Entsprechung Baumartenempfehlung» und «Klimasensitivität» geben Hinweise darauf, welche Bestände laut Baumartenempfehlungen mit Hinblick auf den Klimawandel umgebaut werden sollten. Als Bewertungsskala dient ein Wert zwischen 0 und 100 (kann als % gelesen werden), der angibt, inwiefern die vorhandenen Baumarten den empfohlenen Baumarten entsprechen.

In Absprache mit dem Auftraggeber wurde eine vereinfachte Berechnung gewählt, die nur die Baumarten «Buche» (BU) und «Fichte» (FI) berücksichtigt, da diese für eine ganzheitliche Betrachtung bereits repräsentativ sind und Ausnahmebestände von Fachleuten leicht zu identifizieren sind. Vorteil dieses Vorgehens ist, dass nicht erst eine aufwändige Bestandesinventur oder Modellierung mit differenzierten Baumarten durchgeführt werden musste, sondern der Mischungsgrad-Layer (standardmässig in TBK verwendet) synonym für die Baumartenverteilung genutzt werden konnte.

Datengrundlage für die Baumartenempfehlungen war ein vom Auftraggeber zur Verfügung gestellter Datensatz, der die TreeApp Empfehlungen für drei Klimaszenarien enthält (RCP2.6, 4.5 und 8.5). Darin werden flächig für jede Baumart folgende Kategorien vergeben, die für die Berechnung unterschiedlich gewichtet werden (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3 : Empfehlungskategorien pro Baumart, mit unterschiedlicher Gewichtung für die Modellierung des Entsprechungs-Scores.

Kategorie	Bedeutung	Gewichtung RCP2.6 (heutiger Stand)	Gewichtung RCP4.5 (Klimawandel stark)	Gewichtung RCP8.5 (Klimawandel stark)
1	Heute empfohlen	-100%	-100%	-100%
2	Heute bedingt empfohlen	-30%	-30%	-30%
3	Heute gefährdet	-100%	-100%	-100%
4	In Zukunft empfohlen	+50%	+100%	+100%
5	In Zukunft bedingt empfohlen	+10%	+20%	+20%

4.1 Entsprechung der Baumartenempfehlungen

Die Entsprechung der Baumartenempfehlungen gibt an, inwiefern der heutige Stand (Ist-Zustand) den Empfehlungen (Soll-Zustand) entspricht.

Es wurden drei Szenarien betrachtet:

1. Entsprechung der Baumartenempfehlungen für das heutige Klima (jetzt) bzw. schwachen Klimawandel
2. Entsprechung der Baumartenempfehlungen bei mittlerem Klimawandel-Szenario
3. Entsprechung der Baumartenempfehlungen bei starken Klimawandel-Szenario

Für die Berechnung wurden die Empfehlungs-Kategorien gewichtet pro Baumart und anteilig zur Fläche der jeweiligen Empfehlung innerhalb des Bestandes. So wurde ein «Entsprechungsscore» ermittelt (oder Baumarten-Empfehlungs-Score [Attributtabelle: BAES]). Die Empfehlungskategorien wurden so gewichtet, dass eine vorhandene (bedingt oder in Zukunft) empfohlene Art den «Entsprechungsscore» positiv prägt und gefährdete Arten den Score reduzieren (vgl. Tabelle 3). Der Score wurde anschliessend normalisiert auf einen Wert zwischen 0 und 100 («Pseudo-Prozent» [Attributtabelle: BAEP]).

Für die Berechnung des heutigen Standes kamen die TreeApp Empfehlungen des Modells RCP2.6 zum Einsatz und der Einfluss der Zukunftsempfehlungen wurde reduziert. Diese spiegeln den heutigen Zustand und einen sehr schwachen Klimawandel wieder.

Für die Berechnung der Klimawandel-Szenarien kamen die jeweiligen Datensätze RCP4.5 und RCP8.5 zum Einsatz.

4.2 Klimasensitivität

Zusätzlich zur Entsprechung der Baumartenempfehlung wurde die Abweichung des mittleren bzw. starken Klimawandel-Szenarios zum heutigen Stand berechnet. So können Bestände visualisiert werden, der Baumarten-Empfehlungs-Entsprechung sich mit dem Klimawandel verschlechtert, die also sensitiv gegenüber dem Klimawandel reagieren.

Anders als von den in Kapitel 4.1 beschriebenen Karten kann damit NICHT visualisiert werden, welche Bestände bereits heute gefährdet sind, sondern nur die zunehmende Gefährdung.

5 Anhang

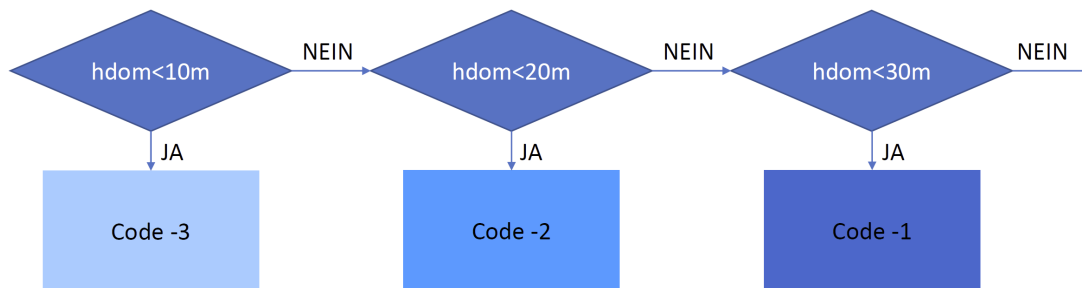


Abbildung 3 : Ermittlung der Überförungsphase anhand der TBk Daten für Jungwuchs/Dickung/Stangenholz (-3 bis -1). Wird fortgesetzt in Abbildung 4.

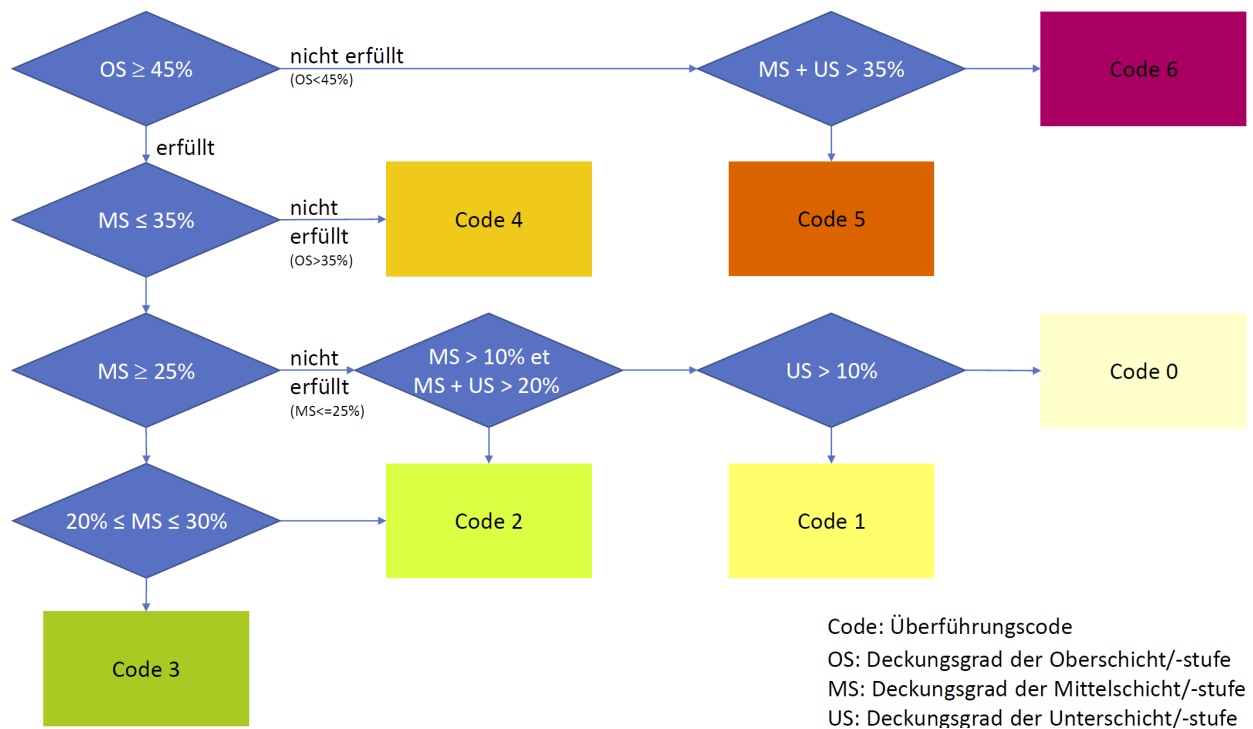


Abbildung 4 : Ermittlung der Überförungsphase anhand der TBk Daten für die Phasen 0-6. Fortsetzung aus Abbildung 3.