

Analytischen Kostenmodell Anschlussnetz AKM- AN Version 3.0 Weiterentwicklung im Kontext der ND&KRM-Empfehlung

Informationsveranstaltung

Dr. Gabriele Kulenkampff, Dr. Thomas Plückebaum, Konrad Zoz

Bonn, 15. Mai 2018

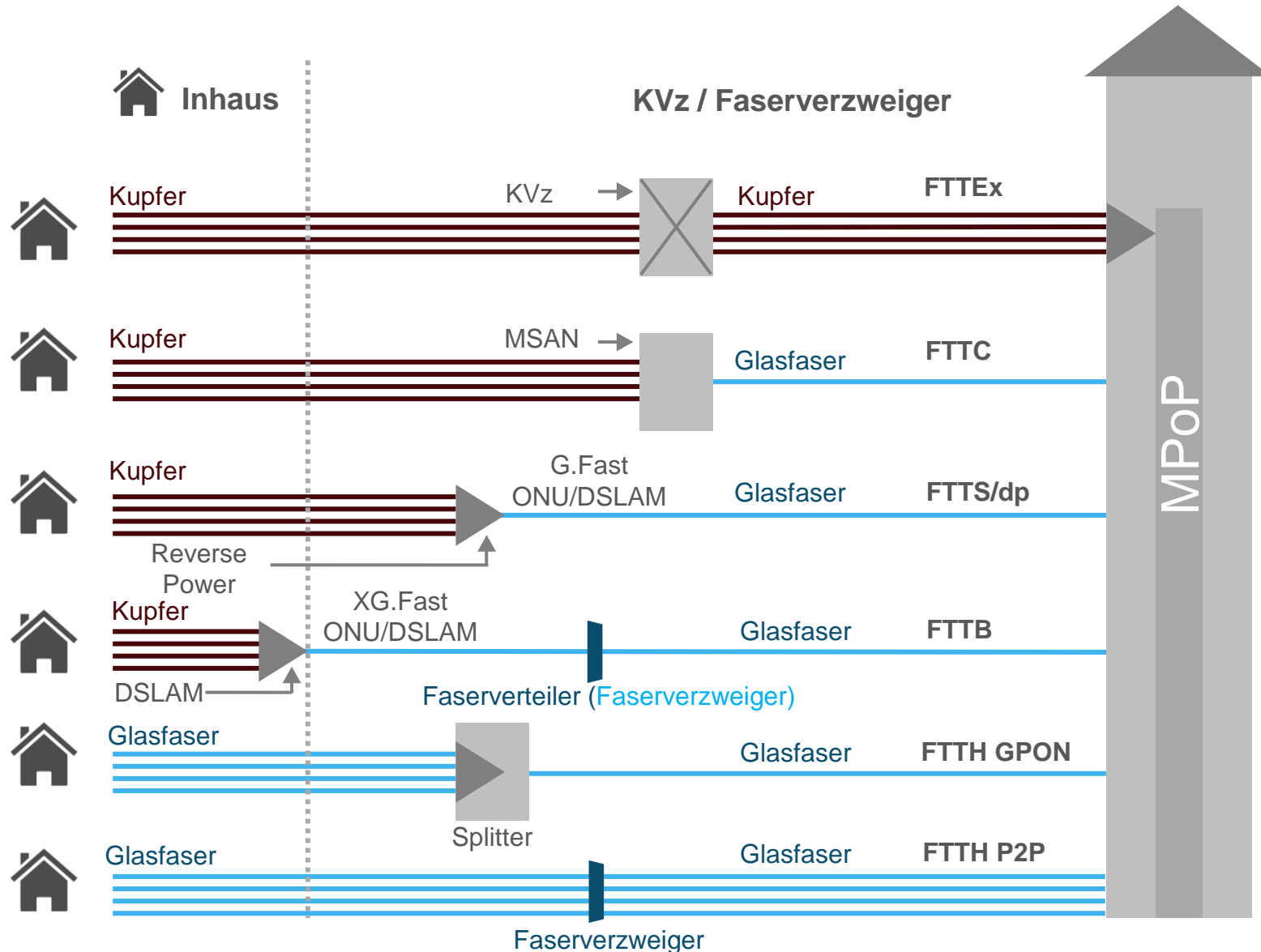
1. Gegenstand und Zeitrahmen
2. Eckpfeiler
3. NGA-Technologien u. Einsatz von Glasfaser
4. Auswahl der NGA-Architekturen und Modellierungsrahmen
5. Modellierungsrahmen
6. Netzelementbasierte Kosten – Generischer Modellierungsansatz
7. Netzauslegung, Versorgungsbaum und Mengengerüst
8. Konfektionierung Netzelemente
9. Offene Fragerunde

Gegenstand und Zeitrahmen

- Neuer Konsultationsprozess
 - Ausrichtung der Modellierung auf die Anforderungen von glasfaserbasierten NGA-Netzen nach Maßgabe der ND&KRM-Empfehlung
 - Abbildung glasfaserbasierter Anschlussnetzes im AKM-AN
 - basierend auf dem Konsultationsdokument vom 02.05.2018
- Ende der Konsultation: 6. Juni 2018
- Weitere Schritte:
 - Aufnahme und Bewertung der Rückläufe sowie
 - Überarbeitung des Referenzdokuments
 - Implementierung des softwarebasierten Berechnungstools: Herbst 2018

- ND&KRM-Empfehlung
 - Methodisch: Bottom-up-Modellierung
 - Kostenstandard: Long Run Incremental Cost + (LRIC+)
 - Vereinbarkeit mit
 - RAB
 - Rückrechnung auf Kupfer
- Aufsatzpunkt: WIK-TAL-Modell

NGA-Technologien u. Einsatz von Glasfaser



NGA-Technologien und generischer Modellierungsansatz

- Größe (# Anschlüsse) und Erstreckung der Verzweigerbereiche unterscheiden sich in Abhängigkeit der NGA-Technologie
 - Clusteralgorithmus als Stellgröße für die NGA-Technologie
- Weitere NGA-Technologie-Spezifika abgebildet durch

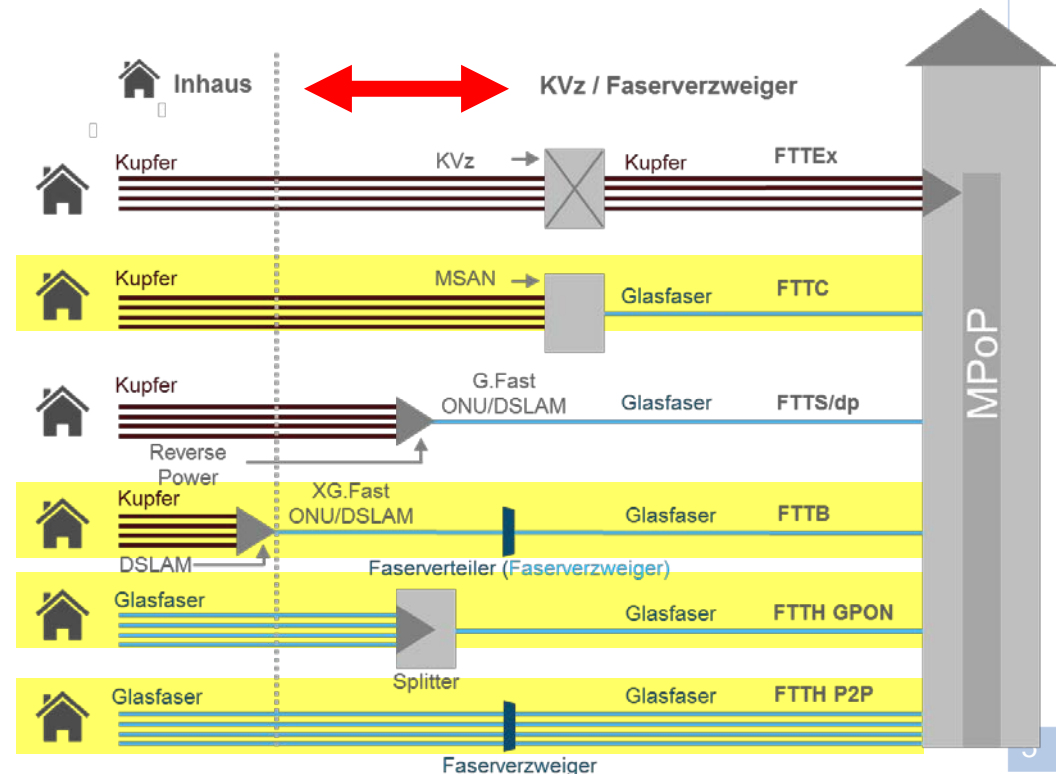
- Investitionsparameter

- Kupfer-/Glasfaserkabel
- Muffen u. Spleißarbeiten
- ...

- Strukturparameter

- ∅ Muffen-/ Schachtabstand
- Anteile Erd-/KKA-Verlegung
-

- Kommentaraufforderung 3-1



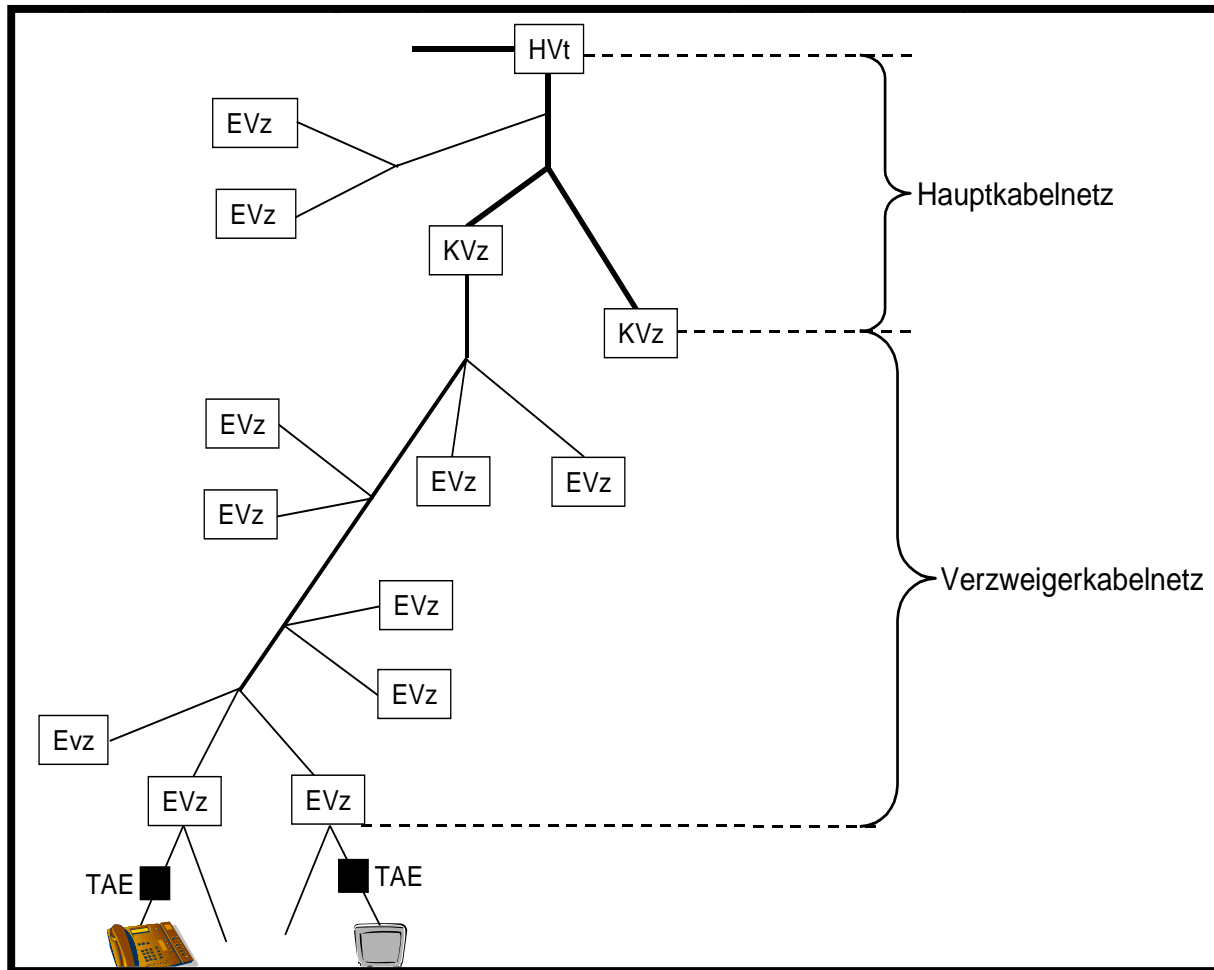
Auswahl der NGA-Architekturen und Modellierungsrahmen

- FTTC => Clusteralgorithmus nach Maßgabe von
 - Max. Anzahl Anschlüsse pro MSAN (derzeit bei DTAG 384)
 - Reichweite CuDA im Verzweigerkabelsegment
- FTTH P2P => Clusteralgorithmus nach Maßgabe von
 - Kapazität der Faserverteiler
 - Längenrestriktion nur indirekt wg. Mikrorohrkosten / Kabelkosten relevant
- FTTH PON P2MP => analog zu FTTH P2P sowie
 - Splitterstandort im Faserverzweiger
 - Kapazität der Faserverzweiger
- FTTB (X)G.fast => Clusteralgorithmus nach Maßgabe von
 - Max. Anzahl Anschlüsse pro DSLAM
 - Längenrestriktion nur indirekt wg. Mikrorohrkosten / Kabelkosten relevant

Modellierungsrahmen

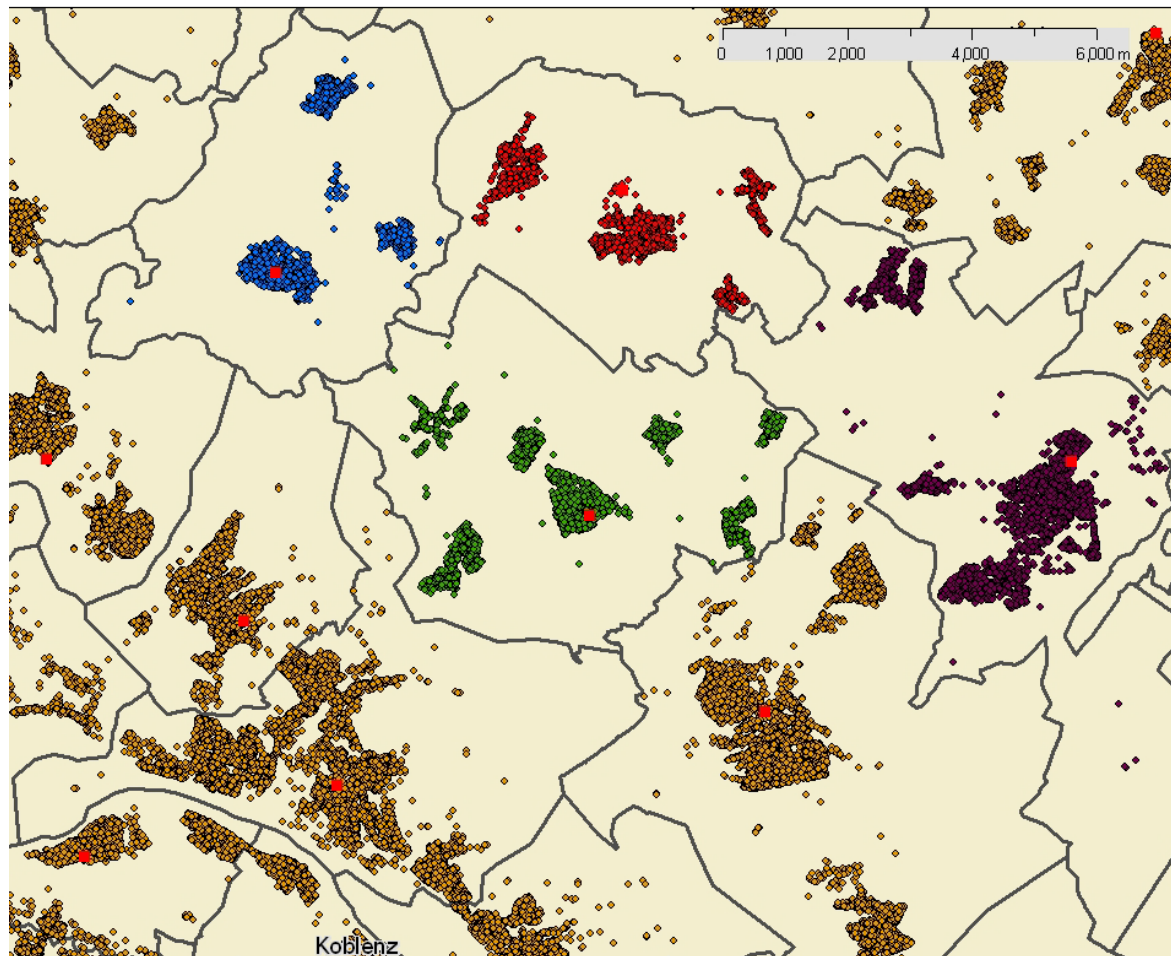
Modellierungsrahmen

- Ziel: effiziente Anbindung der Anschlussnachfrage an die MPoP (Scorched Nodes)



Modellierungsrahmen

- Ziel: effiziente Anbindung der Anschlussnachfrage an die MPoP (Scorched Nodes)



- Standortgenaue Anschlussnachfrage (GIS-Daten)
- MPoP-Standorte und EVz-Zuordnung
- GIS-Straßenlayer
- NGA spezifische Investitionswertermittlung unter Anwendung von **NGA-spezifischen**
 - Investitionsparametern
 - Strukturparameter

Clusteralgorithmus (Verzweigerbereichsbildung)

- Basiert auf einem Nearest-Neighbour-Algorithmus (minimale Distanz)

- Parametergesteuerte Nebenbedingungen

- Ausgangspunkt: MPoP und starres Netz (1. Cluster)

- sonstige Cluster:
Ausgangspunkt starres Netz

- Ausgangspunkt:
zum MPoP nächstgelegenes
Straßensegment

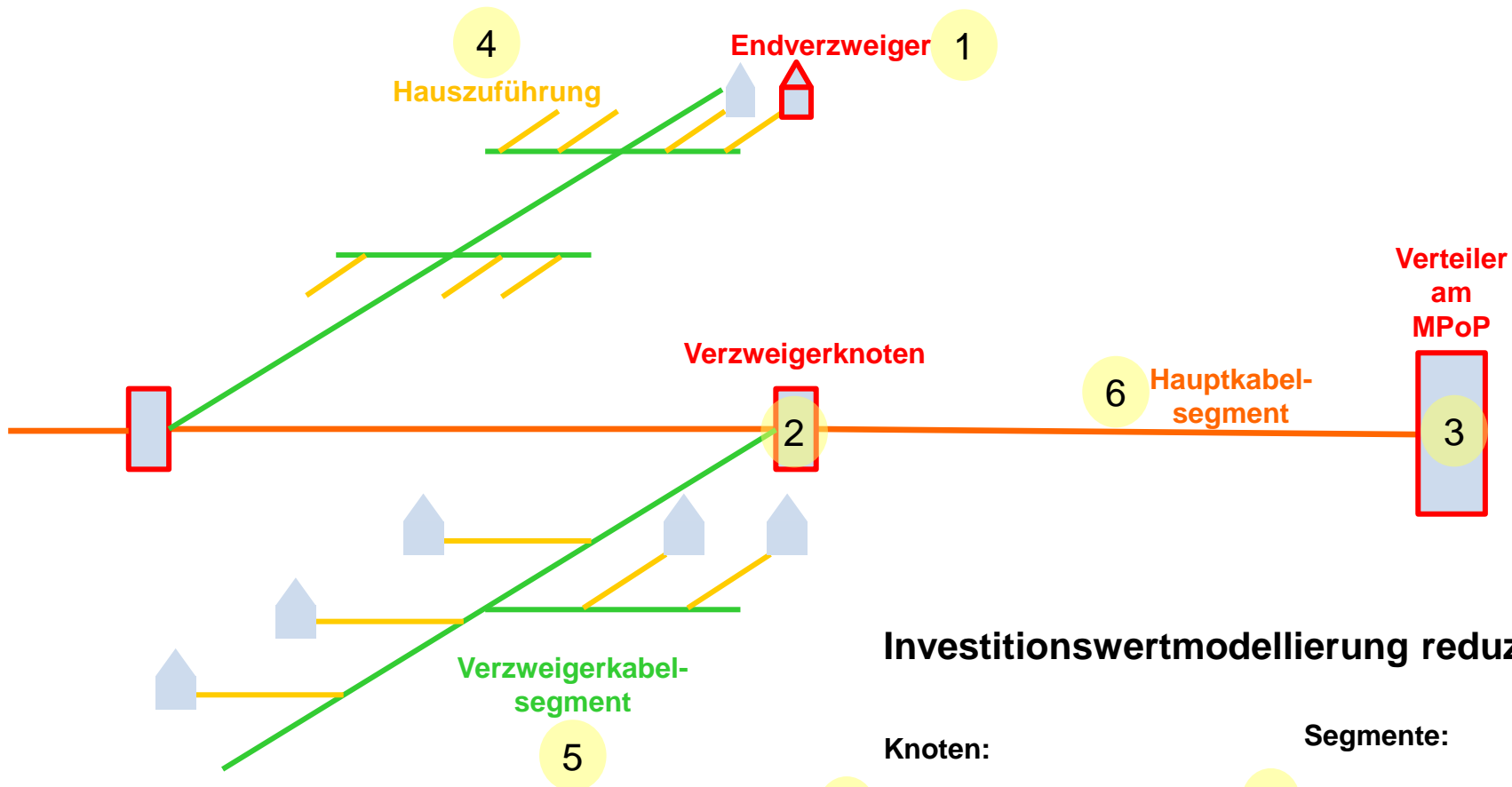
- Platzierung des KVz

- Verbesserung des Cluster-Ergebnisses mit Blick auf die Erstreckung und Auslastung der Verzweigerbereiche durch Anwendung eines Zweit-Optimierungsverfahrens

Neben- bedingungen	starres Netz	sonstige Cluster
max. Anzahl Anschlüsse /Fasern	-	x
max. räumliche Erstreckung	x	x
verbindendes Straßennetz	x	x

Netzelementbasierte Kosten - Generischer Modellierungsansatz -

Netzelementbasierte Kosten Generischer Modellierungsansatz



Investitionswertmodellierung reduziert auf:

Knoten:

- 1 Endverzweiger
- 2 Verzweigerknoten
- 3 Verteiler am MPoP

Segmente:

- 4 Hauszuführung
- 5 Verzweigerkabelsegment
- 6 Hauptkabelsegment

NGA-Netze und Treiber Besonderheiten Glasfaserkabel

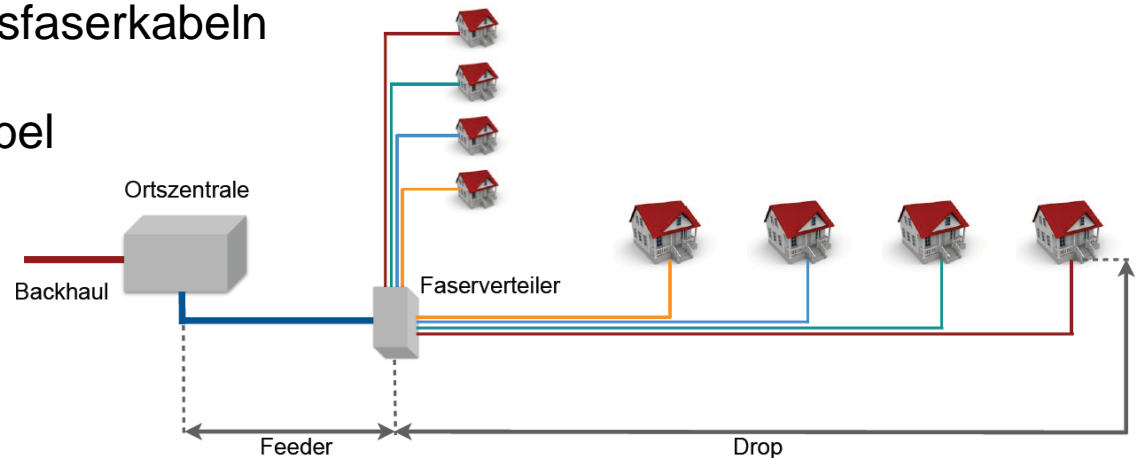
- Spezifika der Glasfaserkabel
 - Einfaseranbindung (Kommentaraufforderung 3-2)
 - Einblaslängen (Kommentaraufforderung 3-3)
 - Vermeidung von Spleißen (Kommentaraufforderung 3-4)
- Spezifika der Verlegung von Glasfaserkabeln

- Erdverlegbare Glasfaserkabel

- Röhrenverlegbare Glasfaserkabel

- Mikrorohre

- Erdverlegbare Mikrorohrverbände
- Rohr-in-Rohr-Verlegung



Kommentaraufforderung 4-1

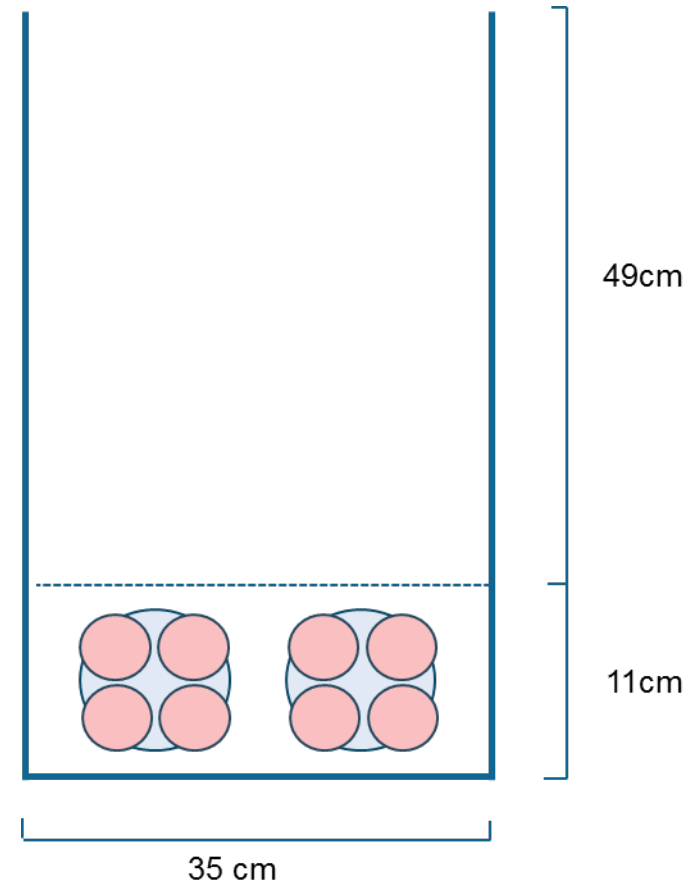
KKA

NGA-Netze und Treiber Besonderheiten Tiefbau

- Neuartige Tiefbautechniken im Kontext des Ausbaus glasfaserbasierter Anschlussnetze von Relevanz
 - mindertiefe Verlegung: 30 cm
 - Frästechniken =>schmalere Gräben gegenüber Standardbauweise
- Berücksichtigung
 - im Verzweigerkabelsegment
 - in ausgewählten Anschlussbereichen?
- (Kommentaraufforderung 3-5)

Grabendimensionierung und Raumbedarf KKA-Verlegung: DN110 und 4x DN50

- Grabendimensionierung erfolgt nach Maßgabe der Zugzahl
 - Raumbedarf als Kostentreiber
- Entsprechend bisherigem Kupfer-TAL Modell
 - 1 Zug entspricht 2.000 CuDA
 - bei KKA DN110
- Glasfaserkabelverlegung
- Berücksichtigung von DN50 und Mikrorohrverbänden
 - Annahme für Grabendimensionierung:
 - Äquivalenz von 1x DN110 und 4x DN 50
- Kommentaraufforderung 4-2 und 4-4



2x DN110



8x DN50



Grabendimensionierung und Raumbedarf

Kapazität von DN110 und DN50

- Kapazität der Züge für KKA nach Maßgabe der Konfektionierung von Mikrorohren und Glasfaserkabeln unter Berücksichtigung der Raumbeschränkung
- Festlegung von Typen von Mikrorohren
 - Innendurchmesser Mikrorohre
 - Außendurchmesser Glasfaserkabel und zugehörige Faserzahl
- Äquivalenz der Kapazität von Mikrorohrverbänden und DN50 (jeweils ¼ Zug)

Typen von Mikrorohren u. Anzahl im DN 50 Außen \varnothing [mm]	Maximale Anzahl Fasern pro Mikrorohr	Zugäquivalent Mikrorohr pro DN50	Zugäquivalent Mikrorohr pro DN110
18 x 7 mm	24	1/18	1/72
10 x 10 mm	96	1/10	1/40
5 x 14 mm	144	1/5	1/20
4 x 16 mm	288	1/4	1/16

- Kommentaraufforderung 4-2

Kabelstärke, Verlegeart und Raumbedarf

- Abgrenzung der Verlegeart nach Maßgabe der Kabelstärke

Anzahl Fasern	Erdkabel		Röhrenkabel		Kabel für Mikrorohre	
	Kabel [€/m]	Verlegen [€/m]	Kabel [€/m]	Verlegen [€/m]	Kabel [€/m]	Verlegen [€/m]
4 Fasern						
8 Fasern						
12 Fasern						
24 Fasern						
48 Fasern						
96 Fasern						
144 Fasern						
192 Fasern						
216 Fasern						
288 Fasern						
480 Fasern						
576 Fasern						
1156 Fasern						

- Kommentaraufforderung 5-1

Grabendimensionierung und Raumbedarf

Zugdefinition Erdverlegung

- Ableitung der Zugdefinition aus den für KKA getroffenen Annahmen:
- Annahme, dass bei KKA der kleinste Typ Mikrorohre vollständig ausgenutzt wird:
 - es können maximal **1728 Fasern in einem Zug** realisiert werden
- Unterschied im Raumbedarf der Mikrorohre im Vergleich zu erdverlegten Glasfaserkabeln unbedeutend, da letztere eine stärkere Ummantelung erfordern (Nagetier- und Feuchtigkeitsschutz)
 - Konsultationsentwurf unterstellt gleiche Grabenmaße für Erd- und KKA-Verlegung
- Kommentaraufforderung 4-3

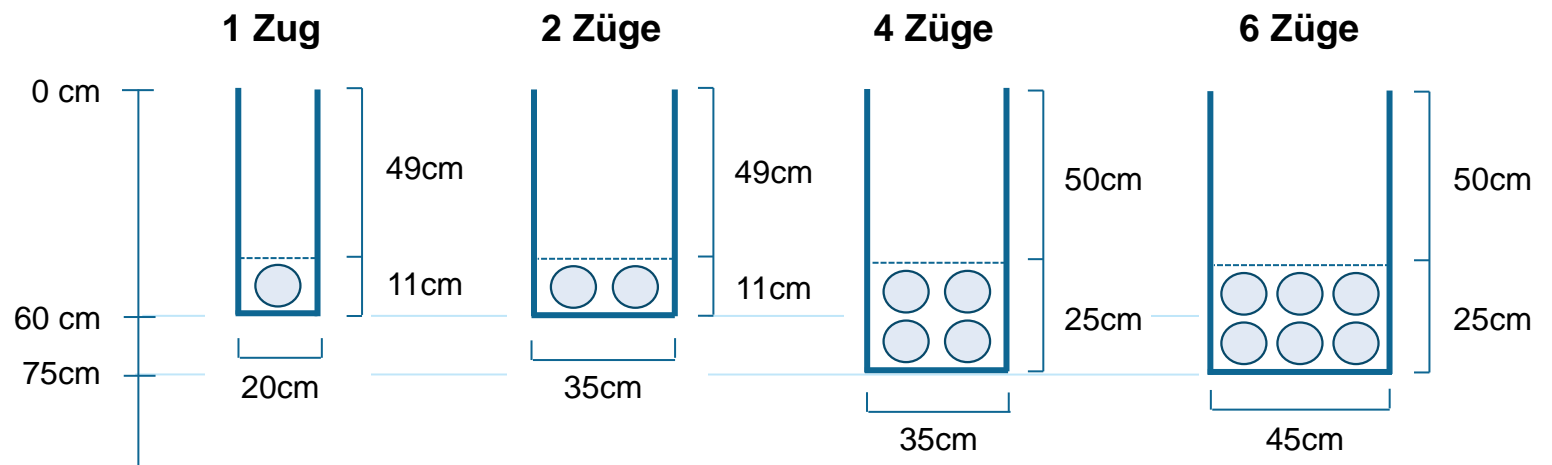
Zugbasierte Grabendimensionierung

- Kommentaraufforderung 4-2 und 4-3

Anzahl Züge	Tiefe/ Breite [in cm]	Erdverlegung	KKA-Verlegung
1 Zug	Tiefe	60	60
	Breite	20	20
2 Züge	Tiefe	60	60
	Breite	35	35
4 Züge	Tiefe	75	75
	Breite	35	35
6 Züge	Tiefe	75	75
	Breite	45	45
12 Züge	Tiefe	90	90
	Breite	55	55
24 Züge	Tiefe	105	105
	Breite	95	95

Grabengrößen und Anordnung

- Kommentaraufforderung 4-4 und 4-5



Netzauslegung, Versorgungsbaum und Mengengerüst

Netzauslegung

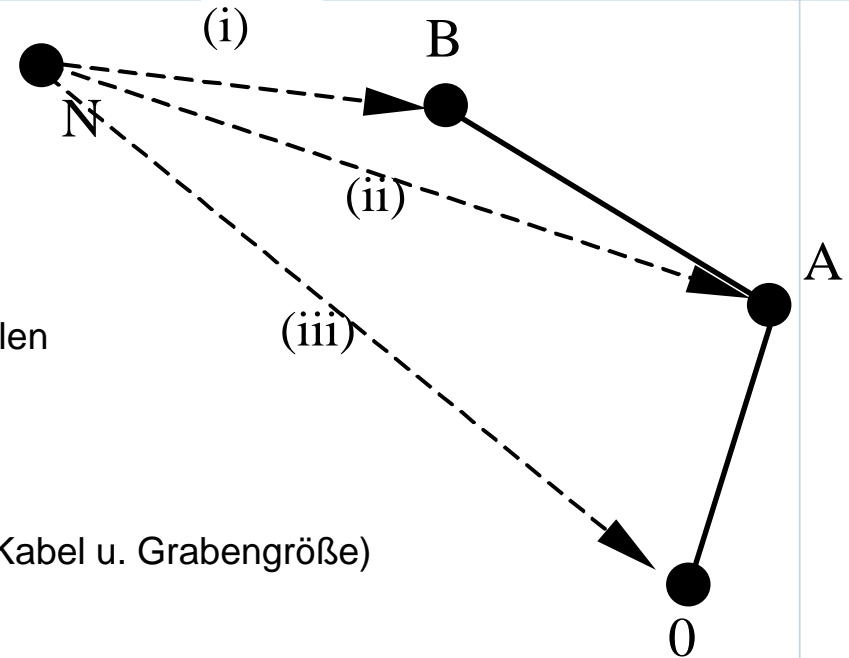
Ableitung des Versorgungsbaums

- Modifizierter-Minimaler-Spannbaum zur Anbindung der Anschlussnachfrage an die Verzweigerknoten
- „modifiziert“, da die Entscheidung über die Anbindung der Straßensegmente nicht ausschließlich auf dem Längenkriterium basiert, sondern auf das Investitionsgewicht abstellt
- ausgehend vom Verzweigerknoten fügt der Algorithmus sukzessive Straßensegmente dem optimalen Versorgungsbaum hinzu – solange, bis alle Anschlussnachfragen realisiert sind

Illustration

Ableitung des Versorgungsbaums

- **Beispiel:** Kostenminimale Anbindung von Knoten N, Knoten A und B bereits in Graph enthalten
- 3 Alternativen zur Anbindung von Knoten N: i), ii) und iii)
- **Fall i):** N wird an B angeschlossen
 - Kante NB ist kürzeste Verbindung zwischen N und allen anderen Knoten
 - => Anbindung über B würde die geringsten “nicht-zusätzlichen” Kosten verursachen
 - zusätzlich zu beachten: Kosten auf Kante BA u. A0 (Kabel u. Grabengröße)
- **Fall ii):** N wird an A angebunden
 - Analog zum Fall i), Betrachtung von Kosten NA als sowie zusätzlicher Kosten von A0.
- **Fall iii):** N wird direkt an 0 angebunden
 - Ausschließlich Kosten der Anbindung N0, keine zusätzlichen Kosten auf den Kanten BA und A0.

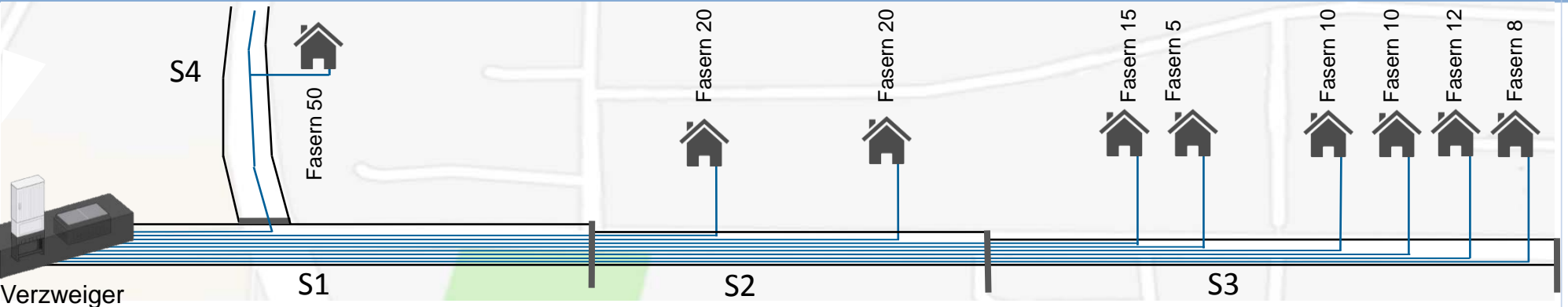


- **Softwaretechnische Umsetzung:**

Alle drei Lösungen werden in die Warteliste aufgenommen und entsprechend ihrer Gesamtkosten aufsteigend sortiert. Es wird dasjenige Element ausgewählt, welches die geringsten Kosten bei der Anbindung von N verursacht.

Technologieneutrale Nachfrage pro Straßensegment

Erweiterung des bestehenden kupferbasierten Modells



Kabeltyp Faserzahl/ Kabel	Anzahl Kabel Segment 1	Anzahl Kabel Segment 2	Anzahl Kabel Segment 3	Anzahl Kabel Segment 4
4 Fasern	0	0	0	0
8 Fasern	2	2	2	0
12 Fasern	3	3	3	0
24 Fasern	3	3	1	0
48 Fasern	0	0	0	0
72 Fasern	1	0	0	1
96 Fasern	0	0	0	0
132 Fasern	0	0	0	0
192 Fasern	0	0	0	0
288 Fasern	0	0	0	0

- 1 Glasfaserkabel je Gebäude wird bis zum Faserverteiler geführt
- Pro Segment wird eine Liste mit der Anzahl Kabel je Kabeltyp benötigt, die über das Segment geführt werden.
- Daraus lassen sich die Mengen des Netzequipments ableiten (Kabellängen, Gräben, Schachttypen) wie im Kupfermodell
- Je Segment wird eine Liste je Straßenseite benötigt, darüber hinaus muss die Liste nach Verzweigerkabel und Hauptkabel differenzieren
- Speichern der Listen je Straßensegment
- Je Straßensegment gemeinsame Nutzung und Aufteilung der Nutzungen bekannt und berechenbare Mengengerüstausswertung

Transformation der Nachfragemengen in NGA-spezifische Dimensionierung der Netzelemente

- Ableitung des Versorgungsbaums unter Berücksichtigung der Anschlussnachfrage pro EVz ist hinreichend disaggregiert für
 - spezifische Auslegung von Glasfaserkabeln pro EVz
 - Aggregation der CuDA Anschlussnachfrage bei Kupfer im Verzweigerkabel

- Transformation (s.a. Tabelle 4-1)

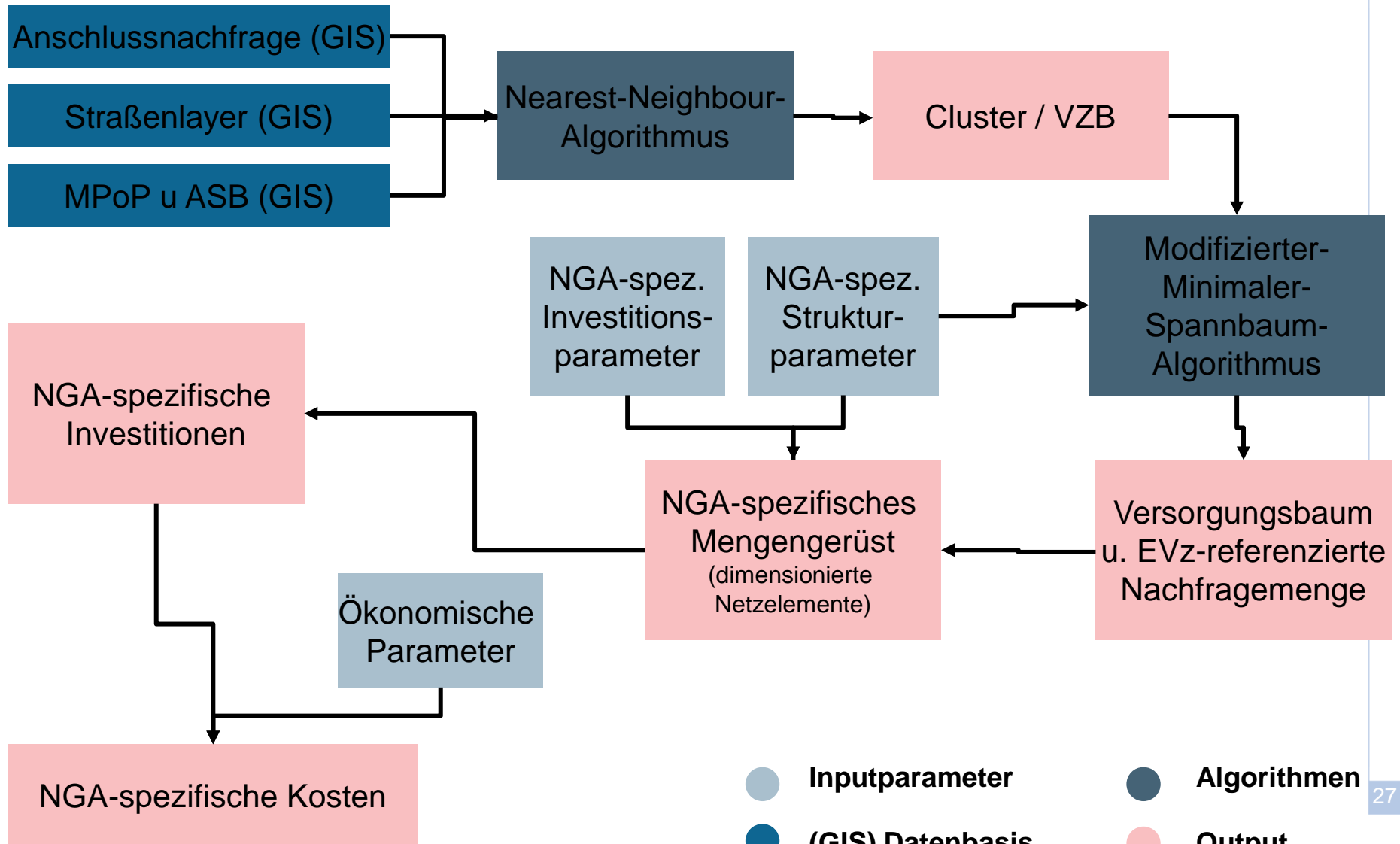
NGA Technologie		Hauptkabelsegment MPoP - KVz/Faserverteiler	Verzweigerkabelsegment KVz/Faserverteiler - Grundstücksgrenze	Verzweigerbereichsbildung
FTTC	Vectoring	Glasfaser bis zum KVz: eine Doppelfaser pro MSAN	CuDA pro aktivem Anschluss (im aggregierten VZB-Kupferkabel)	nach Maßgabe - der MSAN-Kapazität - der Längenbeschränkung durch eingeschränkte Vectoring-Tauglichkeit der CuDA
FTTB	XG.Fast	Glasfaser bis zum Faserverteiler: eine Faser pro Evz mit aktiver Anschlussnachfrage	Glasfaser bis zum EVz: eine Faser pro Evz mit aktiver Anschlussnachfrage	nach Maßgabe - der Kapazität des Faserverteilers (# Mikrorohre) - keine übertragungstechnisch relevante Längenbeschränkung (Inhaus 50 m), aber Einblaslängen

Konfektionierung der Netzelemente

- Kommentaraufforderungen 5-2 bis 5-5
- Mikrorohre
- ODF
- Faserverzweiger
- Endverzweiger

Zusammenfassung

Scorched nodes



● Inputparameter
● (GIS) Datenbasis

● Algorithmen
● Output

Offene Fragerunde



WIK-Consult GmbH
Postfach 2000
53588 Bad Honnef
Deutschland
Tel.: +49 2224-9225-0
Fax: +49 2224-9225-68
eMail: info@wik-consult.com
www.wik-consult.com