

Kodierung der Ausbauplanung von elektrischen Niederspannungsnetzen

Carsten Graeve

Hendrik Vennegeerts

Graz, 15.02.2024, 18. Symposium Ennergieinnovation

Stand heute (nicht ausschließlich):

- Lastgeprägte Ausbauplanung
- Regelbasierte Konzepte

Probleme:

- Hohe Unsicherheit bzgl. zukünftiger Netznutzung von Niederspannungsnetzen (NSN)
- Existierende Verfahren nur auf Netzebene oberhalb NS

- Rechnergestützte Ausbauplanung
- Optimierungsmodell: vorausschauende Planung mit Ableitung von Ausbauentscheidungen
- Adaption für NSN

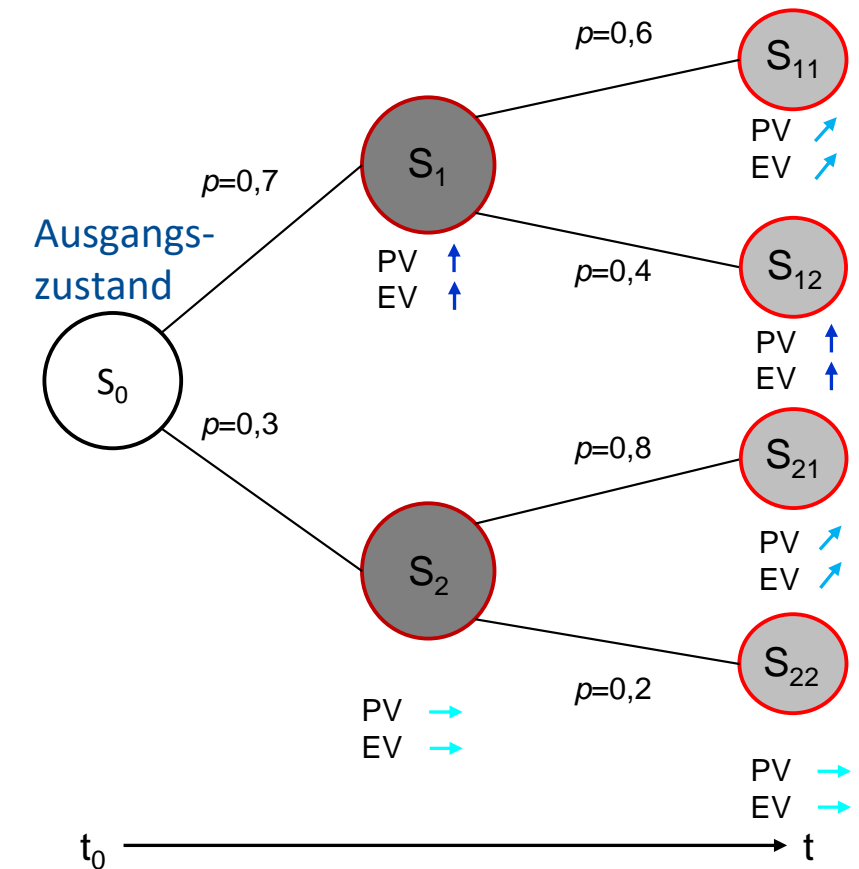
■ Unsicherheiten für Planungshorizont von > 30 Jahren

– Netzkunden:

- Ausbau der Erneuerbaren Energien Anlagen (EE-Anlagen)
- Entwicklung von Technologien
- zunehmende Sektorenkopplung

– Netzbetreiber:

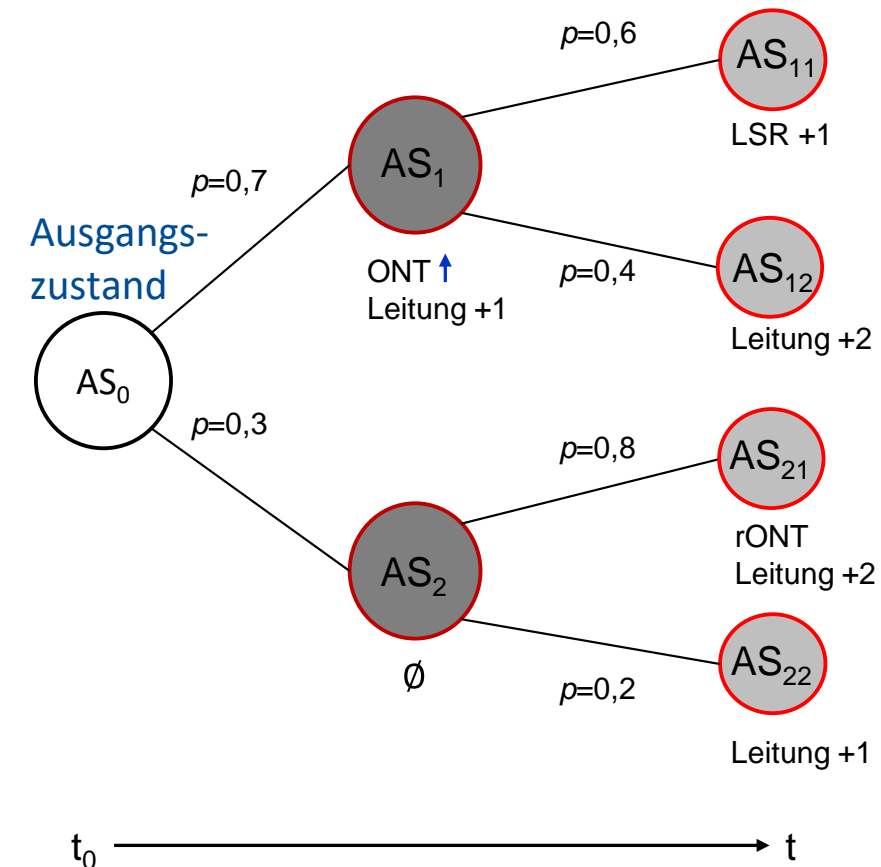
- Einspeisemanagement
- Lastmanagement
- Regelbare Betriebsmittel



■ Fragestellung:

- konkrete Ausbau- oder ggfls. Flexibilitätsoption auswählen
- Umsetzungszeitpunkt spezifizieren
- Ableitung konkreter Handlungsempfehlungen

■ Zielkonflikte zwischen kurzfristigem Reagieren und robustem Netzausbau



Analyse der Optimierungsaufgabe

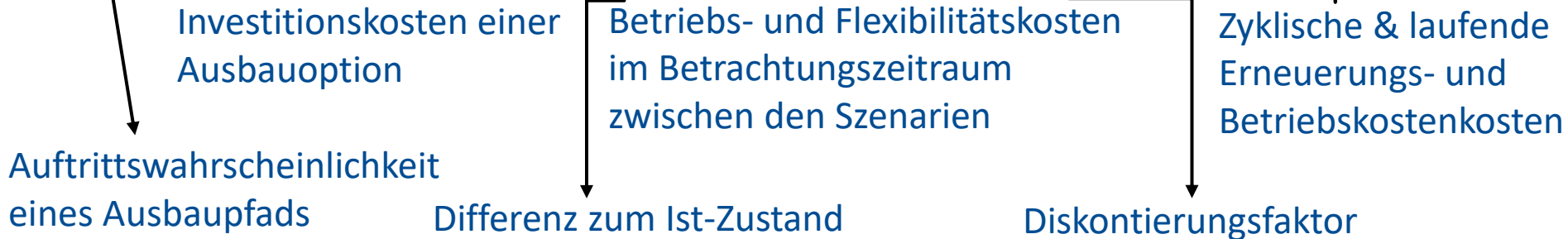
▪ **Zielfunktion**

Kosten eines Szenarios

Kosten eines Ausbaupfads

Kosten des Ausbaubaums

$$ZF = \sum_{s_i}^S p_i \left[\sum_{t=t_0}^T \left(q^{-t} \Delta K_{a,s_i,Inv} + \sum_{u=t}^{t+t_s} q^{-u} (\Delta K_{u,s_i,Betr} + \Delta K_{u,s_i,Flex}) \right) + \sum_{t=T}^{\infty} q^{-t} (\Delta K_{t,S,Inst} + \Delta K_{t,s_i,Betr} + \Delta K_{t,s_i,Flex}) \right]$$



▪ **Nebenbedingungen:**

- Maximale Stromtragfähigkeit aller Betriebsmittel des betrachteten NSN
- Spannungsgrenzen nach EN50160

- **Zielnetzplanung für Planungshorizont**
 - Aufstellung von optimalen Zielnetzen für Planungshorizont und Ableitung der Ausbauoptionen
 - Kritisch durch Bündelung der Unsicherheiten im Zielnetz
 - Limitierte Betrachtung temporärer Flexibilitätsoptionen in Zielnetz
- **Unterteilung in Master- und Subproblem**
 - Masterproblem koordiniert Ausbaumaßnahmen zwischen Szenarienknoten
 - Subproblem optimiert in Einzelschritten Szenarienknoten
 - Trennung von übergreifender Koordination und Ausbaumaßnahmenidentifikation
- **Benötigt: Verfahrensansatz, welcher Ausbaumaßnahmen auswählt und gleichzeitig zeitlich koordiniert (Berücksichtigung der Parameter des NSN)**

- **Optimierungsaufgabe diskret und kombinatorisch**

- **Genetischer Algorithmus (GA)**

- Inspiriert durch organische DNA und natürliche Mikroevolution
- Vererbung guter und Variation unvorteilhafter Eigenschaften einer Spezies
- Eigenschaften in Genen kodiert und in Gensequenz (GS) verknüpft
- Lösungsfindung über Operatoren Selektion, Rekombination und Mutation
- Fitnesswert zur Bewertung der Lösungen

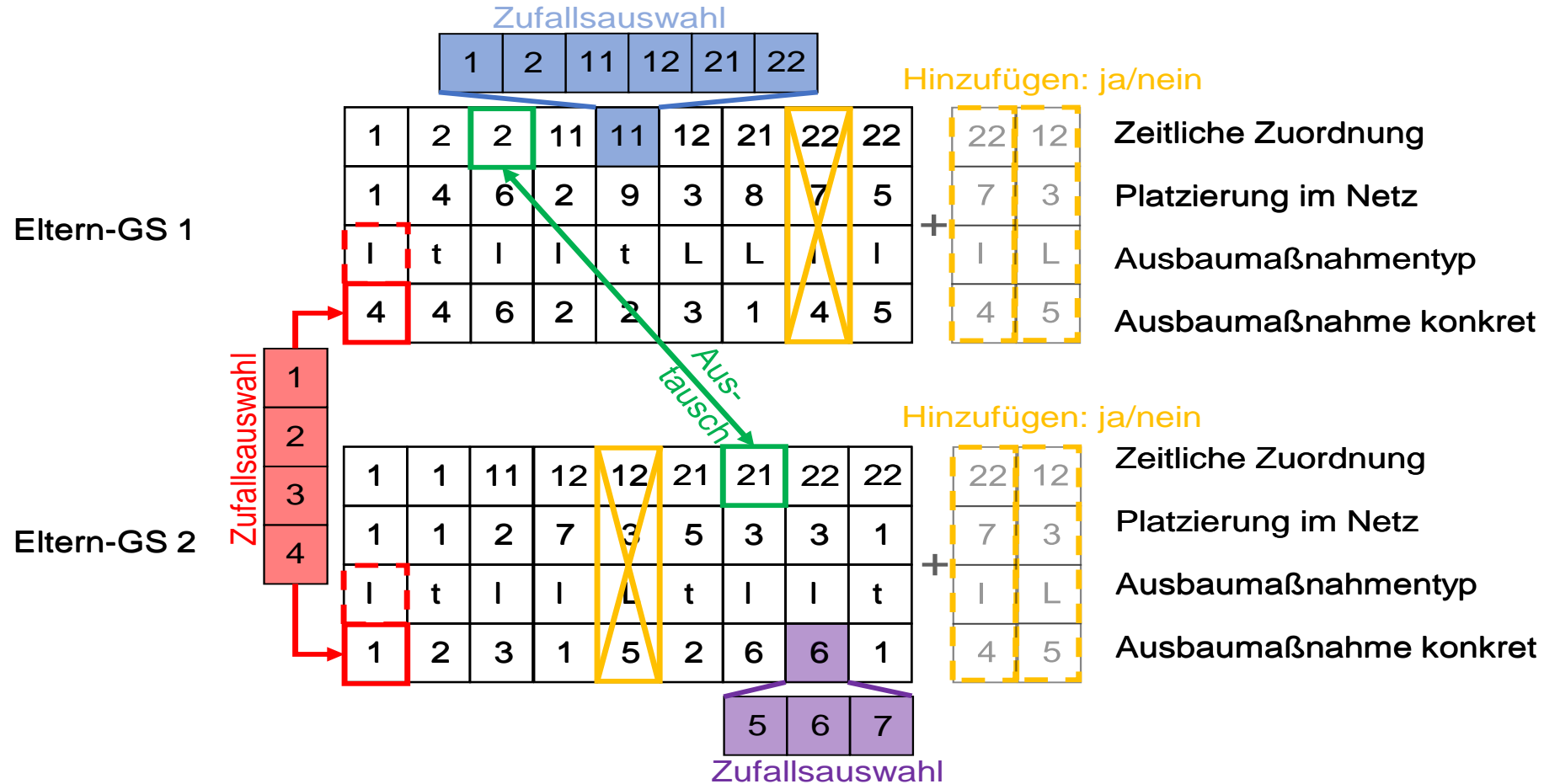
■ Multi-GS

1	2	2	11	11	12	21	22	22	Zeitliche Zuordnung
1	4	6	2	9	3	8	7	5	Platzierung im Netz
l	t	t	l	t	L	L	l	l	Ausbaumaßnahmentyp
1	4	6	2	2	3	1	4	5	Ausbaumaßnahme konkret

■ In Zeilen die Optimierungsvariable, in Spalte die Ausbauoption

➤ Herausforderung:

- Abfolge als Informationsträger entfällt
- Wie erfolgt der Zugriff der Operatoren für die Erzeugung neuer Lösungen?



- Rekombination Typ 1
- Rekombination Typ 2
- Rekombination Typ 3
- Mutation Typ 1
- Mutation Typ 2

- **Geschickte Kodierung ermöglicht einstufigen Optimierungsprozess im Anwendungsfall „Ausbauplanung NSN“ mit GA**
- **Erfassung der Optimierungsvariablen in vierzeiliger Multi-GS-Struktur**
- **Abdeckung der Optimierungssituationen durch selektiven Zugriff des Operatoren-Sets**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!