

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Evolution der Kommunikationsnetze	1
1.2 B-ISDN	2
1.2.1 Der Asynchrone Transfermodus (ATM)	2
1.2.2 Das Konzept der virtuellen Pfade	4
1.2.3 Netzstruktur des B-ISDN	5
1.2.4 Zeitliche Ebenen des Kommunikationsverhaltens	6
1.2.5 Definition der grundlegenden Begriffe	8
1.3 Verkehrskontrolle	9
1.3.1 Übersicht	9
1.3.2 Dienstkategorien und Verbindungsparameter	11
1.3.3 Verbindungsannahmeentscheidung	13
1.3.3.1 Spitzenbitratenreservierung für CBR-Verkehr	13
1.3.3.2 Statistisches Multiplexen von VBR-Verkehr	13
1.3.4 Verkehrsparameterüberwachung	15
1.3.5 Ressourcenverwaltung durch virtuelle Pfade	16
1.4 ATM-Netzplanung	16
1.4.1 Topologieentwurf	16
1.4.2 Netzdimensionierung	17
1.4.3 Optimierung des Netzbetriebes	17
1.4.4 Ziele und Einordnung der Arbeit	17
2 ATM-Netzkonzepte	19
2.1 VP-basierte Netzkonzepte	19
2.1.1 Das MHVP-Netzkonzept	20
2.1.2 Das SHVP-Netzkonzept	22
2.2 VC-basierte Netzkonzepte	25
2.3 Vergleich der Netzkonzepte	26

2.3.1	Rufbearbeitungsaufwand	26
2.3.2	Bündelungsgewinn	27
2.3.3	Statistischer Multiplexgewinn	28
2.3.4	Flexibilität bei Lastschwankungen	29
2.3.5	Bewertung der Ergebnisse	29
3	Verkehrslenkung und Fairneß für virtuelle Kanalverbindungen	31
3.1	Existierende Verkehrslenkungsverfahren	31
3.2	Verkehrslenkungsverfahren für das SHVP-Netzkonzept	32
3.2.1	Alternative Verkehrslenkung mit fester Absuchreihenfolge für Direktwege (FADR)	32
3.2.2	Verkehrslenkung mit zustandsabhängiger Direktwegeauswahl und Lastausgleich (LLPR)	33
3.2.3	Verkehrslenkung mit zustandsabhängiger Direktwegeauswahl und Lastbündelung (MFCR)	33
3.3	Fairneß zwischen den Verkehrsklassen	35
3.3.1	Das Schwellenwert-Fairneßverfahren von Roberts	35
3.3.2	Verkehrslenkung mit adaptiver Lastteilung (ALSR)	38
3.4	Simulativer Vergleich der Verkehrslenkungsverfahren	38
3.4.1	Simulationsmethode	39
3.4.2	Beschreibung des Beispiels	39
3.4.3	Vergleich ohne Fairneß	39
3.4.4	Vergleich mit Fairneß	41
3.5	Bewertung der Ergebnisse	42
4	Berechnung der Rufblockierungswahrscheinlichkeiten	43
4.1	Bekannte Berechnungsverfahren	43
4.2	Das äquivalente Einzelpfadmodell	45
4.3	Untersuchung des Fehlers des ESP-Modells für CBR-Verkehr	46
4.3.1	Fehler ohne Blockierungsausgleich zwischen den Verkehrsklassen	46
4.3.2	Fehler bei Verwendung des Schwellenwert-Fairneßverfahrens . .	48
4.4	Berechnung der Rufblockierungswahrscheinlichkeiten im Mehrdienstfall	49
4.4.1	Berechnungsmethoden für die Rufblockierungswahrscheinlichkeiten ohne Fairneß	49
4.4.1.1	Exakte Berechnungsmethode nach Kaufman/Roberts .	50
4.4.1.2	Approximative Berechnungsmethode nach Labourdette und Hart	51
4.4.2	Berechnungsmethoden für die Rufblockierungswahrscheinlichkeiten bei Verwendung eines Fairneßverfahrens	52

4.4.2.1	Approximative Berechnungsmethode nach Roberts . . .	52
4.4.2.2	Neue approximative Berechnungsmethode	53
4.5	Numerischer Vergleich der Berechnungsmethoden	54
4.5.1	Vergleich der Verfahren ohne Fairneß	55
4.5.2	Vergleich der Verfahren mit Fairneß	55
4.5.3	Vergleich der Rechenzeiten	56
4.5.4	Poisson-Annahme für den Überlaufverkehr	57
4.6	Analytische Ableitung der Rufblockierungswahrscheinlichkeit nach der Kapazität der virtuellen Pfade	60
4.6.1	Ableitung ohne Blockierungsausgleich zwischen den Verkehrsklassen	60
4.6.2	Ableitung mit Fairneß zwischen den Verkehrsklassen	63
4.7	Numerische Implementierung	64
4.7.1	Blockierungsformeln für nichtganzzahlige Kapazitäten	64
4.7.2	Randbereiche und Definitionslücken	64
4.7.3	Approximation der Sprünge der Blockierungsfunktion	69
4.8	Bewertung der Ergebnisse	73
5	Netzdimensionierung und Netzoptimierung	75
5.1	Einführung	75
5.1.1	Grundlagen der Optimierung	75
5.1.2	Übersicht über Verfahren zur Netzoptimierung	76
5.1.3	Modellierungsannahmen	78
5.1.4	Wegeführung von virtuellen Pfaden	78
5.1.4.1	Einfache Vollvermaschung	79
5.1.4.2	Zweifache, disjunkte Vollvermaschung	79
5.1.4.3	Maximale Vollvermaschung	79
5.2	Netzdimensionierung für das SHVP-Konzept	80
5.2.1	Beschreibung der Dimensionierungsverfahrens	80
5.2.2	Numerische Invertierung der Blockierungsformeln	82
5.3	Netzoptimierung	82
5.3.1	Beschreibung des entwickelten Verfahrens	83
5.3.1.1	Unbeschränkte Durchsatzmaximierung	84
5.3.1.2	Zweistufige Optimierung zur beschränkten Durchsatzmaximierung	85
5.3.2	Transformation der nichtlinearen Nebenbedingungen	85
5.3.3	Methoden zur Bestimmung der Blockierungsgrenze	87

5.3.3.1	Lösung eines Min-Max-Optimierungsproblems	87
5.3.3.2	Intervallhalbierungsmethode	87
5.3.4	Diskussion des nichtlinearen Optimierungsproblems	89
5.3.5	Methoden zur Kapazitätsreduktion von virtuellen Pfaden	91
5.3.6	Erweiterungsansätze	92
5.3.6.1	Zuverlässigkeitsaspekte	92
5.3.6.2	Anwendung auf VP/VC-Mischkonzepte	93
5.3.6.3	Einstellbare Blockierungswahrscheinlichkeiten für bestimmte Verkehrsklassen	93
5.3.6.4	Einstellbare Blockierungswahrscheinlichkeiten für bestimmte Knotenpaare	94
5.3.6.5	Aufteilung in Teilnetze	94
6	Implementierung und Beispiele	95
6.1	Implementierung	95
6.1.1	MINOS-Optimierungssoftware	95
6.1.2	Grundstruktur des Optimierungsprogramms	96
6.1.3	Komplexitätsabschätzungen	96
6.1.3.1	Netzdimensionierung	96
6.1.3.2	Netzoptimierung	97
6.1.4	Graphische Benutzeroberfläche	97
6.2	Beispiele	99
6.2.1	Deutschlandnetz mit 23 Knoten	99
6.2.1.1	Dimensionierung	102
6.2.1.2	Optimierung bei Schiefelast	105
6.2.1.3	Optimierung für Überlast	109
6.2.1.4	Simulative Überprüfung der Optimierungsergebnisse	110
6.2.1.5	Optimierung mit Berücksichtigung der Zuverlässigkeit	114
6.2.2	Weitere Netzbeispiele	117
6.2.3	Bewertung der Ergebnisse	120
7	Zusammenfassung	121
A	Abkürzungen	125
B	Mathematische Symbole	129
	Literaturverzeichnis	131