

Verfahren zur Klassifikation des Verkehrs auf WLAN-Verbindungen

von der Fakultät für
Elektrotechnik und Informationstechnik
der Technischen Universität Dortmund

genehmigte

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften

von

Christian Schilling

Dortmund, 2012

Tag der mündlichen Prüfung: 21.08.2012

Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Kays

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Rolf Kraemer

Dortmunder Beiträge zur Kommunikationstechnik

Band 7

Christian Schilling

**Verfahren zur Klassifikation des Verkehrs
auf WLAN-Verbindungen**

D 290 (Diss. Technische Universität Dortmund)

Shaker Verlag
Aachen 2012

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Dortmund, Technische Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1431-0

ISSN 1863-9054

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Diese Arbeit befasst sich mit einem speziellen Aspekt der Optimierung des Betriebs drahtloser Netzwerke, der bei der Bearbeitung des vom BMWi geförderten Projekts „HOMEPLANE“ aufgetreten war. An diesem Projekt konnte ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Kommunikationstechnik der Technischen Universität Dortmund unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Kays mitarbeiten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Kays für die Anregungen und gute Betreuung bei der Erstellung dieser Arbeit und für deren Begutachtung. Herrn Prof. Dr. Kraemer von der BTU Cottbus danke ich für die gute Zusammenarbeit im HOMEPLANE-Projekt, das Interesse an meinem Thema und die Übernahme des Koreferats.

Meine wissenschaftliche Arbeit profitierte vom guten Teamgeist am Institut und der steten Bereitschaft meiner Kollegen zu kreativer Diskussion und Zusammenarbeit im HOMEPLANE-Projekt.

Ohne die tatkräftige Unterstützung durch meine Frau Birgit, die mich immer ermuntert, mir den Rücken freigehalten und viel Geduld aufgebracht hat, hätte ich wesentliche Teile meiner Arbeit nicht parallel zur Arbeitsbelastung einer vollen Stelle in der Industrie erbringen können. Ihr gilt mein ganz besonderer Dank.

Christian Schilling

Inhaltsverzeichnis

Notation	xiii
Kurzfassung	xvii
1. Einleitung und Übersicht	1
2. Das Anwendungsszenario	5
2.1. Das multimediale Heimnetzwerk	5
2.1.1. Szenario im Haushalt	6
2.1.2. Zentrale oder dezentrale Netzwerkorganisation	9
2.1.3. Digital Living Network Alliance	12
2.1.4. DVB Home Network	13
2.2. Situation in Wohngebieten	14
2.2.1. Problematik hoher Dichte drahtloser Kommunikationsteilnehmer	15
2.2.2. Kooperatives Ressourcenmanagement	17
2.3. Definition zu detektierender Anwendungsklassen	19
2.3.1. Streaming Media	20
2.3.2. Telefonie	20
2.3.3. Websurfen	21
2.3.4. Datei- und Datenübertragung	21
2.3.5. Steuerung und Kontrolle	22
3. Verkehrsklassifikation	23
3.1. Klassifikationsverfahren	23
3.1.1. Allgemeines	24
3.1.2. Automatische Merkmalsauswahl	25
3.1.2.1. Hauptkomponentenanalyse	26
3.1.2.2. Fast Correlation Based Filter	28
3.1.3. Überwacht lernende Verfahren	29
3.1.3.1. k-Nearest Neighbour	30
3.1.3.2. Bayes Klassifikator	31
3.1.3.3. Support Vector Machine	33
3.1.4. Unüberwacht lernende Verfahren	37
3.1.4.1. k-Means Algorithmus	37
3.1.4.2. Halbüberwachtes Lernen mit k-means	38

3.1.5.	Validieren von Klassifikatoren	39
3.1.5.1.	Leistungsbewertung	39
3.1.5.2.	Über- und Unteranpassung	41
3.1.5.3.	Kreuzvalidierung	42
3.2.	Verkehrsklassifikation auf Transportebene	43
3.2.1.	Ziele der Verkehrsklassifikation	44
3.2.2.	Flusszuordnung anhand des 5-Tupels	44
3.2.3.	Portbasierte Klassifikation	47
3.2.4.	Deep Packet Inspection	49
3.2.5.	Klassifikation anhand statistischer Eigenschaften	51
3.2.5.1.	Verhaltensbasiert	52
3.2.5.2.	Merkmalsbasiert	53
3.2.5.3.	Paketbasiert	55
3.2.5.4.	Zusammenfassung	56
3.3.	Verkehrsklassifikation auf Verbindungsebene	56
3.3.1.	Besonderheiten	56
3.3.2.	Zuordnung von Paketen auf Verbindungsebene	58
4.	Charakteristische Verkehrsmerkmale	61
4.1.	Erwartete Eigenschaften	61
4.1.1.	Basismerkmale	62
4.1.2.	Kontroll- und Steuerungsverkehr	64
4.1.3.	Websurfen mit TCP/HTTP	65
4.1.4.	Datei- und Datenübertragung mit TCP	67
4.1.4.1.	Kurzüberblick zu TCP	68
4.1.4.2.	Peer2Peer Filesharing	70
4.1.5.	Streaming Media	70
4.1.5.1.	Mediendaten am Beispiel von MPEG-2 Video	71
4.1.5.2.	Audiodaten und Radio	72
4.1.5.3.	UDP/RTP Video-Streaming	73
4.1.5.4.	Live Streaming über TCP oder TCP/HTTP	75
4.1.5.5.	Streaming aufgezeichneter Medien über TCP/HTTP	76
4.1.5.6.	Aufteilung in Unteranwendungsklassen	78
4.1.6.	Telefonie über UDP/RTP	78
4.1.7.	Überblick	80
4.2.	Verwendete Klassifikationsmerkmale	80
4.2.1.	Häufigkeiten bestimmter Paketgrößen	82
4.2.2.	Summe der Paketgrößen	85
4.2.3.	Symmetrie des beobachteten Paketaustauschs	86
4.2.4.	Statistische Merkmale	86
4.2.5.	Entropiebasierte Merkmale	90
4.2.6.	Bewertung des Vorkommens von Bursts	92

5. Vorgehensweise bei der Verkehrsklassifikation	95
5.1. Gewinnung von Trainingsdaten	95
5.1.1. Bezug zum realen System	95
5.1.2. Trainingsdatengewinnung	97
5.1.2.1. Versuchsaufbau	97
5.1.2.2. Einschränkungen	99
5.1.3. Aufbereitung der Trainingsdaten	100
5.1.3.1. Zerlegung in UDP/TCP-Flüsse und Verbindungen	100
5.1.3.2. Referenzklassifikation anhand der UDP/TCP-Flüsse	101
5.1.3.3. Beschriftung der Ansichten auf Verbindungsebene	103
5.2. Vorgehensweise bei der Bewertung der Klassifikatoren	104
5.2.1. Merkmalsvektoren und wahre Klassenzuordnung	104
5.2.2. Berücksichtigte Merkmalsauswahlen	106
5.2.2.1. Besonderheiten von Paketabstands-Merkmalen	107
5.2.2.2. Automatisierte Merkmalsauswahl	108
5.2.3. Normierung der Merkmale	110
6. Leistungsfähigkeit der Klassifikation	111
6.1. Ziele der Verkehrsklassifikation	111
6.2. Ergebnisse im Detail	112
6.2.1. Klassenübergreifende Genauigkeit	116
6.2.1.1. Zusammenfassung	123
6.2.2. Klassenspezifische Genauigkeiten	123
6.2.3. Direkter Leistungsvergleich der besten Kandidaten	124
6.2.4. Schlussfolgerungen	129
6.3. Kritische Szenarien	131
7. Zusammenfassung und Ausblick	133
Literaturverzeichnis	137
A. Details zu den Messreihen	145
A.1. In-house Netzwerkaufbauten	146
A.1.1. Demonstrationsaufbau für Unterhaltungselektronik	146
A.1.2. HOMEPLANE Demonstrationssystem	148
A.2. Private Heimnetzwerke	150
A.2.1. Heimnetzwerk mit T-Home Entertain Anschluss	151
A.3. Tabellarische Zusammenstellung aller Messungen	152
A.4. Anmerkungen zum Datenschutz	152
B. Klassenübergreifende Genauigkeiten aller Klassen	157
C. Merkmalsselektionen	163
C.1. Zusammenstellung der englischen Merkmalsbezeichnungen	163
C.2. Merkmalsätze ohne die IAT-abhängige Merkmale	166

C.3. Merkmalsätze mit den IAT-abhängigen Merkmalen	172
Lebenslauf	179

Abbildungsverzeichnis

2.1. Szenario der multimedialen Heimvernetzung.	8
2.2. Szenario der multimedialen Heimvernetzung mit optimierter Kanalwahl.	11
2.3. Szenario eines gemischten Heimnetzwerks mit DVB und DLNA konformen Geräten (Skizze frei nach [DVB07, DVB09]).	15
2.4. Das Potential für Wechselwirkungen steigt mit der Besiedlungsdichte.	16
2.5. Prinzipieller Aufbau eines Ressourcenmanagementsystems anhand eines Blockschaltbilds ([SLAK08, KS09]).	18
2.6. Regelmäßige Beobachtung der übrigen Übertragungskanäle, um die Ma- nagement Information Base (MIB) aktuell zu halten.	19
3.1. Klassifikation mit k -NN mit (links) und ohne eindeutigem Gewinner (rechts).	30
3.2. Beispiel für linear getrennte Merkmalsverteilungen. Support-Vektoren um die Trenngerade sind fett dargestellt (frei nach [Bur98]).	34
3.3. Beispiel für eine überangepasste Klassengrenze (gestrichelte Linie).	42
3.4. Kreuzvalidierung am Beispiel der dreifachen Kreuzvalidierung.	43
3.5. Header des <i>Internet Protocols</i> der Version 4 (IPv4, [Posa])	46
3.6. Header des <i>Transport Control Protocols</i> (TCP, [Posb]).	46
3.7. Header des <i>Universal Datagram Protocols</i> (UDP, [Posc]).	47
3.8. Allgemeines Format von Frames nach dem IEEE 802.11 Standard ([IEE07]).	57
3.9. Format des <i>QoS Control</i> Felds für QoS-Datenframes entsprechend des IEEE 802.11 Standards ([IEE07]).	59
3.10. Header von IEEE 802.11-Datenframes in Abhängigkeit der Übertragungs- richtung ([IEE07]). Es wird unterschieden zwischen Direktverbindungen und Verbindungen, die einen AP einbeziehen.	60
4.1. Messwerte, die zur Berechnung charakteristischer Merkmale für die Klas- sifikation in Anwendungsklassen genutzt werden.	63
4.2. Dokumentenabruf mit Hilfe des <i>Hypertext Transfer Protocols</i> (HTTP).	66
4.3. Paketgrößen eines Filetransfers über der Zeit aufgetragen. Sendefenster- größe über die Anzahl der unbestätigten Bytes abschätzbar.	69
4.4. Prinzipieller Aufbau eines MPEG2-Videostroms.	72
4.5. Skizze des Headers zum <i>Realtime Transport Protocol</i> (RTP, [SCFJ]).	74
4.6. Skizze des Headers zum <i>Realtime Transport Control Protocol</i> (RTCP), das Qualitätsinformationen für RTP transportiert (REF).	74
4.7. Beispiele aus einer TCP-Verbindung, auf der konstant 4 Mb/s gesendet wer- den.	77

4.8.	Beispiele aus einer TCP-Verbindung, auf der konstant 4 Mb/s empfangen werden.	79
4.9.	Graphische Veranschaulichung der Paketgrößen, in die die im Messfenster beobachteten Pakete einsortiert werden.	83
5.1.	Schematischer Aufbau des Klassifikationssystems zur Unterstützung eines WLAN Managementsystems.	96
5.2.	Overhead eines WLAN-Paketes nach Verschlüsselungsoption.	97
5.3.	Überblick des in den Messreihen genutzten Messaufbaus.	99
5.4.	Beschriftung der Verbindungsansichten anhand der Referenzklassifikation der TCP und UDP Paketflüsse.	103
6.1.	Genauigkeit (<i>precision</i>), Empfindlichkeit (<i>recall</i>) und F-Maß für alle Anwendungsklassen am Beispiel <i>one vs. rest</i> SVM mit FCBF Auswahl. . . .	114
6.2.	Genauigkeit (<i>precision</i>), Empfindlichkeit (<i>recall</i>) und F-Maß für eine zusammengefasste Klassenauswahl am Beispiel <i>one vs. rest</i> SVM mit FCBF Auswahl.	115
6.3.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit für die Bayes-Klassifikatoren. . .	119
6.4.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit bei dem <i>k</i> -Means basierten Klassifikationsansatz.	120
6.5.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit beim <i>k</i> -NN-Klassifikator.	121
6.6.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit bei der SVM-Klassifikation. . . .	122
6.7.	Darstellung der Klassenverluste für <i>one vs. rest</i> SVM mit FCBF-Auswahl ohne IAT abhängige Merkmale.	125
6.8.	Gütemaße bei der 3-NN-Klassifikation auf Basis der FCBF gefilterten Merkmalsauswahl.	126
6.9.	Gegenüberstellung der Klassifikatoren bei Merkmalssätzen ohne IAT Abhängigkeiten für die Klasse VIDEO.	128
6.10.	Gegenüberstellung der Klassifikatoren bei Merkmalssätzen mit IAT Abhängigkeiten für die Klasse VIDEO.	130
A.1.	Aufbau zur Evaluation aktueller Unterhaltungselektronik.	147
A.2.	Skizze des HOMEPLANE Demonstrationsnetzwerks.	149
A.3.	Skizze der Messungen im untersuchten Heimnetzwerk mit T-Home Anschluss.	151
B.1.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit für die Bayes-Klassifikatoren. . .	158
B.2.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit bei dem <i>k</i> -Means basierten Klassifikationsansatz.	159
B.3.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit beim <i>k</i> -NN-Klassifikator.	160
B.4.	Klassenübergreifende Treffergenauigkeit bei der SVM-Klassifikation. . . .	161

Tabellenverzeichnis

2.1. Typische Anforderungen multimedialer Anwendungen sowie Eigenschaften gängiger Netzwerktechnologien (nach [AS09]).	7
2.2. Überblick einer Auswahl von DLNAGeräteklassen ([DLN]).	13
2.3. Überblick zu den Geräteklassen des DVB Home Networks ([ETS10b]).	14
3.1. Beispiel einer Wahrheitsmatrix für ein Klassifikationsproblem mit zwei Klassen, dem positiven und dem negativen Ausfall eines Tests.	40
3.2. Beispiel einer Wahrheitsmatrix, die sie sich für ein Dreiklassenproblem ergibt. Die Zuordnung zu den Häufigkeitsmaßen ist farblich stilisiert.	40
3.3. Beispiele zu weit verbreitet genutzten Portnummern für TCP und UDP.	48
3.4. Beispiel einer HTTP-Kommunikation zum Abruf eines Bildes.	50
3.5. Kompakte Zusammenstellung der Informationen, die den Daten der unterschiedlichen Schichten entnommen werden können.	57
4.1. Übersicht zu den Parametern einiger Sprachcoder.	80
4.2. Zusammenfassung der erwarteten Eigenschaften.	81
4.3. Tabellarische Zusammenstellung der Basismerkmale aus Abschnitt 4.1.1 für die Verbindung <i>L</i>	82
5.1. Maximale Wartezeit für weitere Pakete, bevor der betreffende UDP/TCP Fluss als beendet erkannt wird.	101
5.2. Anzahl der Beispiele im Trainingsdatensatz im Fall der Datenaufbereitung nach Variante 2.	106
5.3. Liste der Merkmale, deren Standardabweichung für einzelne Klassen verschwindet.	107
5.4. Für die Leistungsbewertung berücksichtigte Merkmalsauswahlen.	109
5.5. Verträglichkeit der Merkmalsauswahlen mit den Klassifikatoren.	110
6.1. Abbildung der Anwendungsklassen auf generische Verkehrsklassen.	113
6.2. Fallbezeichnungen für die gezeigten Balkendiagramme	127
6.3. Zusammenfassung der erreichten Güten der besten Kandidaten.	129
A.1. Aufstellung der Geräte, die im Demonstrationssystem für die Evaluation aktueller Unterhaltungselektronik verfügbar sind.	147
A.2. Zusammenstellung der Geräte im HOMEPLANE Demonstrationsnetzwerk.	149
A.3. Zusammenstellung der Geräte des untersuchten Heimnetzes mit T-Home Anschluss.	151

A.4. Überblick und Kurzinformationen zu allen durchgeführten Messreihen. . .	153
C.1. Merkmalsauswahl für Messfenster von 50 ms bis 200 ms	167
C.2. Merkmalsauswahl für Messfenster von 400 ms bis 800 ms	169
C.3. Merkmalsauswahl für Messfenster von 1200 ms bis 1600 ms	171
C.4. Merkmalsauswahl für Messfenster von 50 ms bis 200 ms	173
C.5. Merkmalsauswahl für Messfenster von 400 ms bis 800 ms	175
C.6. Merkmalsauswahl für Messfenster von 1200 ms bis 1600 ms	177

Notation

Abkürzungen

A/V	A udio / V ideo
AP	A ccess P oint
AVC	A dvanced V ideo C oding
A-MPDU	A ggregated M AC P rotocol D ata U nit
A-MSDU	A ggregated M AC S ervice D ata U nit
CoS	C lass of S ervice
BSS	B asic S ervice S et
DLNA	D igital L iving N etwork A lliance
DLS	D irect L ink S etup
DSSS	D irect S equence S pread S pectrum
DVB	D igital V ideo B roadcasting
DVB-IPI	DVB I nternet P rotocol I nfrastructure
DVB-IPTV	DVB I PTV
DVB-HN	DVB H ome N etwork
DVB-T	DVB T errestrial
DVB-S	DVB S atellite
EDCAF	E nhanced D istributed C hannel A ccess F unction
ES	E lementary S tream
HCF	H ybrid C oordination F unction
HDTV	H igh D efinition T elevision
HMM	H idden M arkov M odel

HNED	H ome N etworked E nd D evice
HOMEPLANE	H ome M edia P latform and N etworks
HTTP	H ypertext T ransfer P rotocol
IANA	I nternet A ssigned N umbers A uthority
IEEE	I nstitute of E lectrical and E lectronics E ngineers
IP	I nternet P rotocol
IPv4	I nternet P rotocol v ersion 4
IPv6	I nternet P rotocol v ersion 6
IPTV	I nternet P rotocol T ele V ision
ISM	I ndustrial S cientific and M edical
ISDN	I ntegrated S ervices D igital N etwork
ITU	I nternational T elecommunication U nion
KLT	K arhunen- L oeve- T ransformation
LAN	L ocal A rea N etwork
LDA	L ineare D iskriminanz A nalyse
MAC	M edia A ccess C ontrol L ayer
MCE	M edia C enter E xtender
MIB	M anagement I nformation B ase
MHP	M ultimedia H ome P latform
ML	M aschinelles L ernen
MoCA	M ultimedia o ver C oax A lliance (MoCA®)
MPEG	M otion P ictures E xperts G roup
NAS	N etwork A ttached S torage
P2P	P eer t o P eer
PC	P ersonal C omputer
PHY	P hysical L ayer
PLC	P ower L ine C ommunication
POTS	P lain O ld T elephone S ervice
QoE	Q uality of E xperience

QoS	Quality of Service
RPC	Remote Procedure Call
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real Time Protocol
RTSP	Real Time Streaming Protocol
SDTV	Standard Definition Television
SIP	Session Initiation Protocol
SVM	Support Vector Machine
TCP	Transmission Control Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TS	Transport Stream
UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UPnP	Universal Plug and Play
VLC	VLC media player
VoIP	Voice over IP
WLAN	Wireless LAN
XBMC	XBMC Media Center

Formelzeichen

\vec{C}	Vektor von Klassenzuordnungen
C	Zufallsvariable der Klassenzuordnungen von Merkmalsvektoren
C_k	k -te Anwendungsklasse mit $k = 1 \dots K$
c_m	Die Klassenzuordnung des m -ten Merkmalsvektors
K	Gesamtanzahl der Anwendungskategorien bzw. -Klassen
k	Klassen- oder Clusterindex
M	Anzahl der berücksichtigten Merkmalsvektoren (Trainingsdaten)
m	Index eines Merkmalsvektors aus den Trainingdaten

N	Anzahl der Merkmale im Merkmalsvektor
x_i	i -tes Merkmal eines Merkmalsvektors \vec{x}
$x_{m,i}$	i -tes Merkmal des m -ten Merkmalsvektors \vec{x}_m
\vec{x}	Merkmalsvektor mit N Merkmalen
\vec{x}_m	m -ter Merkmalsvektor der Trainingsdaten
\vec{X}	Zufallsvektor der Merkmalsvektoren
X_i	Zufallsvariable zum i -ten Merkmal in \vec{X}
y_i	i -tes transformiertes Merkmal eines transformierten Merkmalsvektors \vec{y}
\vec{y}	Transformierter Merkmalsvektor
Y_i	Zufallsvariable zum i -ten Merkmal in \vec{Y}
\vec{Y}	Zufallsvektor transformierter Merkmalsvektoren
T_n^L	Startzeitpunkt der n -ten Beobachtung des Links L
ΔT_n^L	Dauer der n -ten Beobachtung des Links L
t_i^L	Empfangszeitpunkt des i -ten Paketes des Links L
s_i^L	$\in x$ Paketgröße des i -ten Paketes des Links L
d_i^L	$\in \{0, 1\}$ Übertragungsrichtung des Paketes i auf Link zur Beobachtung n
c^L	$\in \{\text{unicast, multicast, broadcast}\}$ Art eines Links
R	Datenrate (Byte/s)
$\delta^{L,d}$	Paketabstand
n	Anzahl von Paketen im Messfenster, die bestimmte Kriterien erfüllen
α	Symmetrie-Parameter
σ	Standardabweichung
r	Variabilität
ν	Schiefe
γ	Wölbung
\vec{m}_i	Schwerpunkt des i -ten Clusters beim k -Means Verfahren

Kurzfassung

Drahtlose Heimnetzwerke (WLAN) nach dem Standard IEEE 802.11 bieten eine ideale Basis für die schnelle, bequeme und sichere Installation von Netzwerken in Privathaushalten. Die gute Akzeptanz dieser Technologie führt zu einer ständig zunehmenden räumlichen Dichte aktiver Komponenten in benachbarten Netzwerken. Wechselwirkungen zwischen diesen Netzwerken treten immer störender in Erscheinung. Mit WLAN-Managementsystemen lassen sich diese Störungen minimieren. Die Stationen im Netz werden dabei unterstützt, für ihre Dienstgüte-Übertragungen den jeweils günstigsten Übertragungskanal zu wählen und die Priorisierungsparameter zu optimieren. Die Managementsysteme benötigen für die Steuerung des Netzwerksbetriebs qualifizierte Informationen über die Netzteilnehmer und die von ihnen betriebenen Applikationen bzw. Verkehrsklassen. Der Schwerpunkt dieser Arbeit ist die Klassifikation des Verkehrs auf Alternativkanälen aus Sicht der einzelnen Station, um die dynamische Kanalwahl (DFS) entsprechend der gerade betriebenen Applikation optimal zu gestalten. Dazu beobachtet eine Station regelmäßig während einer sehr kurzen Messzeit den Verkehr auf anderen Kanälen. Da bei WLAN der Paketinhalt verschlüsselt ist, stehen für die Ermittlung der Verkehrsklasse nur die Paketgrößen und die Paket-Zeitstempel einer mit den MAC-Adressen identifizierten Verbindung zur Verfügung. Es ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, nachzuweisen, dass diese Informationen ausreichen, um bei einer WLAN-Übertragung mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 95 % die korrekte Verkehrsklasse zu ermitteln.

Öffentliche Paketmitschnitte einschließlich ihrer Auswertungen sind nur für Knotenpunkte großer Netzwerkinfrastrukturen verfügbar. Deren Datenströme sind nicht mit denen eines privaten WLAN vergleichbar. Deshalb wurden im WLAN-Demonstrationsaufbau des Lehrstuhls für Kommunikationstechnik (HOMEPLANE-Projekt) und in einem multimedial ausgerüsteten privaten WLAN Verkehrsdaten aufgezeichnet und maschinell vorklassifiziert. Die einzelnen Verkehrsklassen wurden hinsichtlich ihrer charakteristischen Eigenschaften analysiert. Auf dieser Basis wurden die Messdaten zu Merkmalsvektoren mit bekannter Verkehrsklasse aufbereitet. Mit den Merkmalsvektoren wurden verschiedene Klassifikatoren trainiert und getestet. Es konnte gezeigt werden, dass mit dem SVM- und dem k-NN-Klassifikator die geforderte Zuverlässigkeit der Erkennung der richtigen Verkehrsklasse erreicht wird, und zwar auch dann, wenn durch maschinelle Selektion der statistisch relevanten Merkmale die Merkmalsanzahl um bis zu 80 % reduziert wird.