

LANCOM™ Techpaper

Routing-Performance

Einleitung

Anwendungen in der Kommunikation und Unterhaltung basieren zunehmend auf IP-Netzwerken. Um die erforderlichen Bandbreiten zuverlässig bereitstellen zu können, müssen die in der Struktur verwendeten Netzwerkkomponenten ausführlich und intensiv getestet werden. LANCOM Systems stellt in diesem Techpaper die Messverfahren zur Ermittlung der Routing- und VPN-Performance von Central Site und VPN Gateways und die resultierenden Ergebnisse vor.

Untersucht werden dabei verschiedene Aspekte, die zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Routers herangezogen werden. Dazu gehören die Übertragungsleistung bei Verbindungen zwischen dem LAN und dem Internet (WAN) sowie die internen Datenübertragungen im eigenen Netzwerk (LAN-LAN). Eine besondere Bedeutung kommt der Performance bei verschlüsselten Datenverbindungen über VPN zu, da viele Geschäftsprozesse auf gesicherten WAN-Verbindungen aufsetzen.

Testaufbau

Alle UDP-Performance-Werte wurden im LANCOM Testlabor gemessen. Für die Tests wurde ein IXIA-Testsystem eingesetzt. IXIA erlaubt durch den Einsatz so genannter Test-Suiten die Simulation verschiedener Anwendungen. Dabei kann z. B. der Datendurchsatz in automatisch aufgebauten VPN-Tunneln ermittelt werden oder die reine Routing-Performance zwischen LAN und WAN bei uni- oder bi-direktionaler Datenübertragung. IXIA ist ein führender Anbieter von Testsystemen für IP-basierte Infrastrukturen und Dienste. Die Testsysteme von IXIA werden weltweit von Netzwerkgeräteherstellern und anderen Unternehmen zur Sicherstellung der Funktionalität und Verlässlichkeit von komplexen IP-Netzwerken, -Geräten und -Anwendungen verwendet.

Für die Datenübertragung selbst werden entweder feste Frame-Größen verwendet oder Kombinationen verschiedener Frame-Größen, die einem natürlichen Datenfluss entsprechen. Diese Kombinationen werden auch als „In-

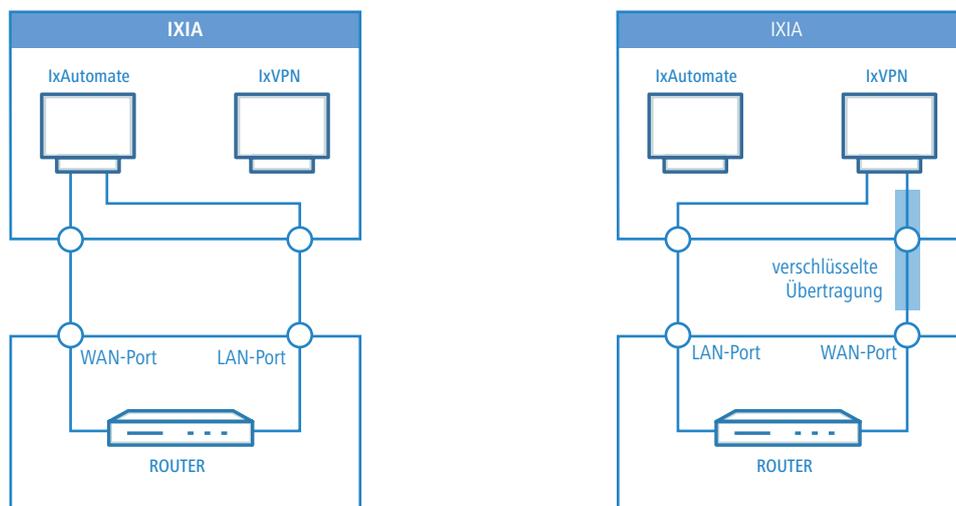


Abbildung 1: IXIA Testsystem für Routing-Verbindungen und verschlüsselte VPN-Verbindungen zwischen LAN und WAN

ternet Mix“ oder kurz IMIX bezeichnet. Die Auswahl der IMIX-Muster hat eine große Bedeutung für die Testergebnisse, da von den verwendeten Frame-Größen die Performance einer Verbindung stark beeinflusst wird. Mit einer geeigneten Auswahl der Ports an dem getesteten Router können sowohl Verbindungen zwischen LAN und WAN wie auch reine LAN-LAN-Verbindungen getestet werden.

Routing-Performance (UDP)

Bei der Routing-Performance wird untersucht, welcher maximale Datendurchsatz erzielt werden kann, bei dem der Router gerade noch keine Pakete verwerfen muss. Für die Messung werden UDP-Pakete in verschiedenen Größen verwendet, damit das Verhalten bei unterschiedlichen Anwendungen dargestellt wird. Die Grenzwerte sind 4

Gerät	64	128	256	512	1024	1280	1518	Framerate
LANCOM 1781EW	5,960	12,256	27,470	47,949	91,971	114,922	134,957	11546,660
LANCOM 1781EF+	48,411	95,952	183,119	347,826	674,572	863,698	983,161	87176,857
LANCOM 7100+ VPN	62,622	125,000	237,037	467,153	909,414	984,615	986,996	108944,698
LANCOM 9100+ VPN	87,912	175,342	343,164	680,851	980,843	984,615	986,996	139125,706

Tabelle 1: LAN-LAN-Routing - Datendurchsatz [MBit/s] bei Frame-Größe [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

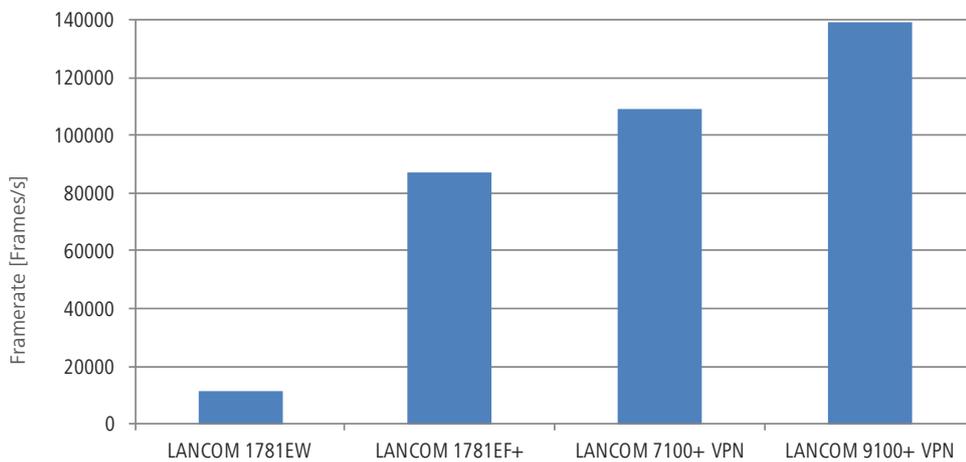


Diagramm 1: LAN-LAN-Routing - Framerate

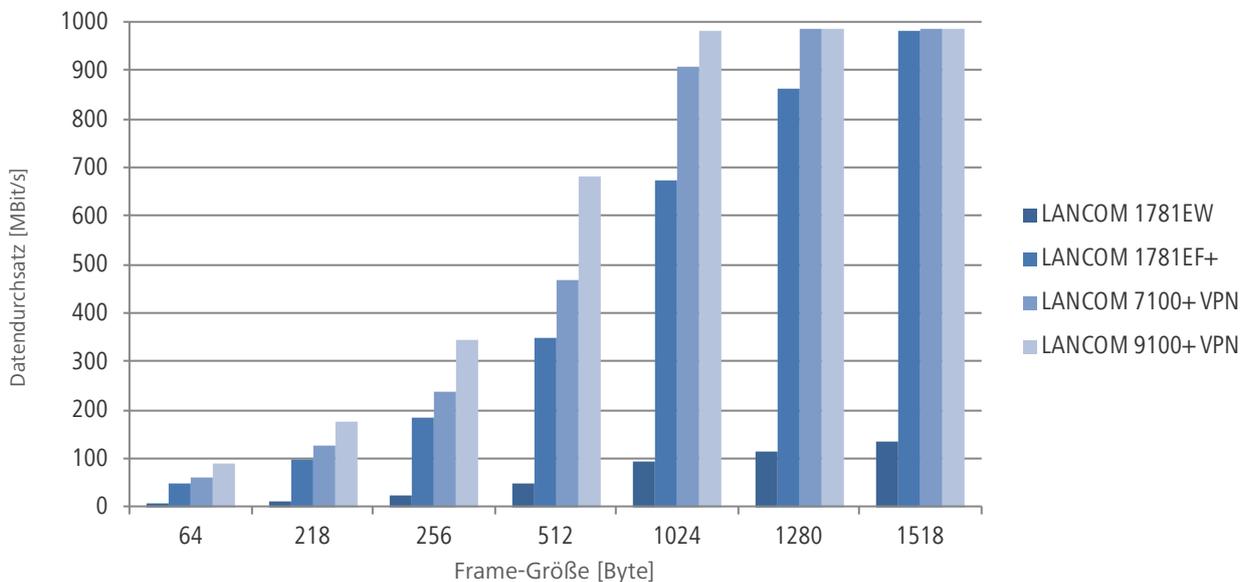


Diagramm 2: LAN-LAN-Routing - Datendurchsatz

Byte als kleinster und 1518 Byte als größter Frame auf dem Ethernet. Der Test verschiedener Router-Modelle zeigt den Einfluss der jeweiligen Hardware (Prozessor bzw. Interfaces).

Bei der Messung wird zunächst die Framerate ermittelt, die als Performance-Indikator der getesteten Hardware angesehen werden kann. Beim Routing ist die Framerate für unterschiedliche Frame-Größen fast konstant, da beim Routing der Frames nur die Header untersucht werden – dieser Vorgang ist nahezu unabhängig von der Größe der gerouteten Frames. Aus diesem Grund wird nur die durchschnittliche Framerate angegeben.

Der Durchsatz bei einer bestimmten Frame-Größe (oder sogar einem Größenmix, siehe IMIX auf Seite 6) kann deshalb bereits näherungsweise durch Multiplikation mit der Framerate errechnet werden. Bei konstanter Framerate ist der Datendurchsatz dann direkt abhängig von der Frame-Größe. Je größer die Frames, desto größere Datenvolumen können übertragen werden. Die Anzahl der maximalen Frames pro Sekunde wird durch die Leistungsfähigkeit des Interfaces bzw. des Übertragungsmediums begrenzt.

Die Messung der Routing-Performance bezieht sich auf die Größe der Ethernet-Frames, also die „Size-on-Wire“. Zum Vergleich von Paketgrößen für Anwendungen müssen daher die entsprechenden Header und Trailer abgezogen werden. Bei einem Frame von 512 Byte ergibt sich z. B. eine UDP-Datagrammgröße von 470 Byte (512 Byte – 18 Byte Ethernet-Header – 20 Byte IP-Header – 4 Byte FCS Trailer) bzw. nach Abzug des UDP-Headers (8 Byte) eine UDP-Nutzlast von 462 Byte.

Beim Routing werden zwei Anwendungen untersucht:

- Beim WAN-LAN-Routing werden Daten aus dem WAN empfangen und an eine Gegenstelle im LAN weitergegeben.
- Beim LAN-LAN-Routing werden die Daten nur innerhalb des lokalen Netzwerks von einem LAN-Port zum anderen LAN-Port weitergegeben.

Bei den Messergebnissen ist zu erkennen, dass der Durchsatz mit der Frame-Größe fast linear ansteigt, bis das Limit der Gigabit-Schnittstelle erreicht ist.

Gerät	64	128	256	512	1024	1280	1518	Framerate
LANCOM 1781EW	5,216	10,144	20,844	41,837	83,347	103,862	122,419	10126,166
LANCOM 1781EF+	32,389	65,911	125,490	253,968	482,564	642,570	736,893	61891,646
LANCOM 7100+ VPN	45,455	90,909	182,077	360,056	721,127	882,759	985,714	87110,110
LANCOM 9100+ VPN	62,136	131,417	265,010	520,325	978,967	984,615	986,996	114722,741

Tabelle 2: WAN-LAN-Routing - Datendurchsatz [MBit/s] bei Frame-Größe [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

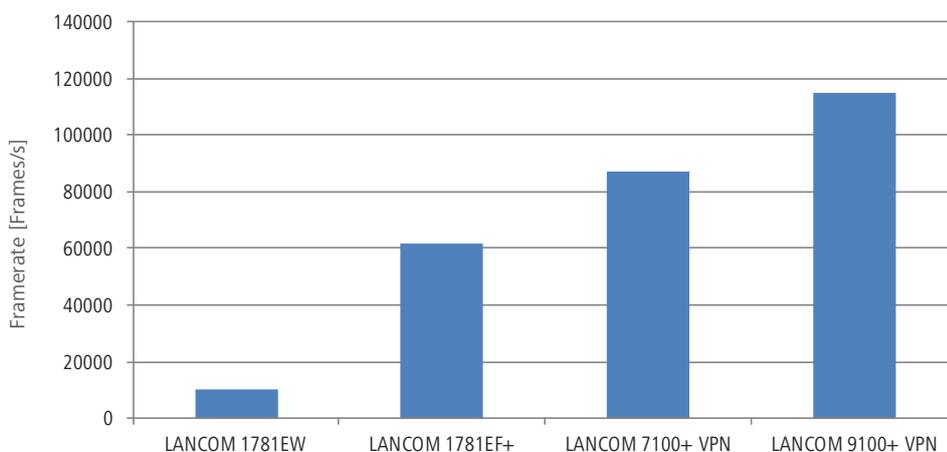


Diagramm 3: WAN-LAN-Routing - Framerate

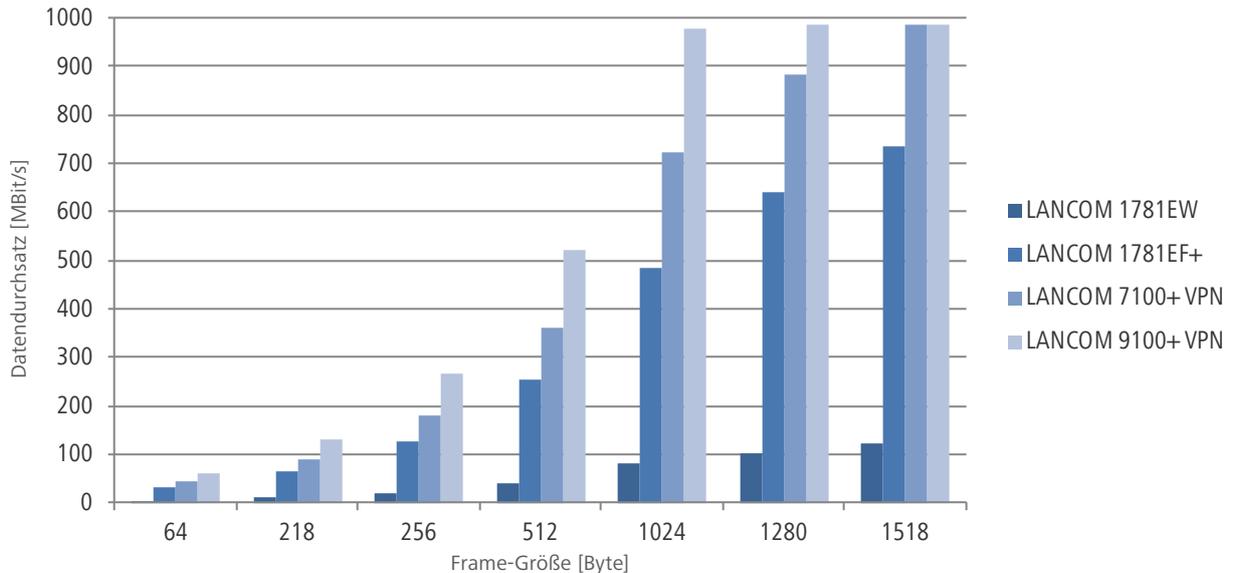


Diagramm 4: WAN-LAN-Routing - Datendurchsatz

Routing-Performance (TCP)

UDP-Messungen zeigen sehr gut, welche Performance maximal erzielt werden kann. Da ein großer Teil des Datentransfers allerdings über TCP abgewickelt wird, ist es auch wichtig, ein entsprechendes Szenario zu untersuchen.

Die TCP-Messung erfolgt mit iperf, welches den TCP-Datendurchsatz zwischen zwei Computern misst. Diese werden über einen LANCOM Router verbunden. Wobei der Computer auf der Seite des WAN als Server agiert, von dem die Datenpakete über den Router an den Computer im LAN übertragen werden, was der Download-Richtung entspricht.

Gerät	Datendurchsatz bei 5 TCP-Sessions
LANCOM 1781EW	95,6
LANCOM 1781EF+	508,4
LANCOM 7100+ VPN	691,3
LANCOM 9100+ VPN	939,0

Tabelle 3: WAN-LAN-Routing - Datendurchsatz [MBit/s]

Die TCP-Messungen mit iperf wurden ohne NAT ausgeführt, da iperf keine direkte Messung mit NAT erlaubt. Die dabei ermittelten Messwerte korrelieren bei LCOS sehr gut mit den Werten, die an einem echten WAN-Anschluss mit NAT in der Praxis nachvollzogen werden können. Dies hat einerseits mit der Traffic-Struktur von iperf im Vergleich zu

einem HTTP-Download zu tun, und andererseits mit der LCOS 8.80 Firewall, die im NAT-Betrieb nur eine etwas geringere Performance wie im Betrieb ohne NAT erzielt. Die beiden für die Messung genutzten Computer haben eine identische Hardware- und Software-Ausstattung:

- Intel Core i7 CPU
- Intel PRO/1000 NIC
- Ubuntu 11.04 / Kernel 2.6.38

Zur Messung wurde die Software iperf 2.05 eingesetzt. Der Parameter TCP-Window-Size wurde auf 256 kB festgelegt und die Messung wurde mit fünf simultanen Sessions durchgeführt.

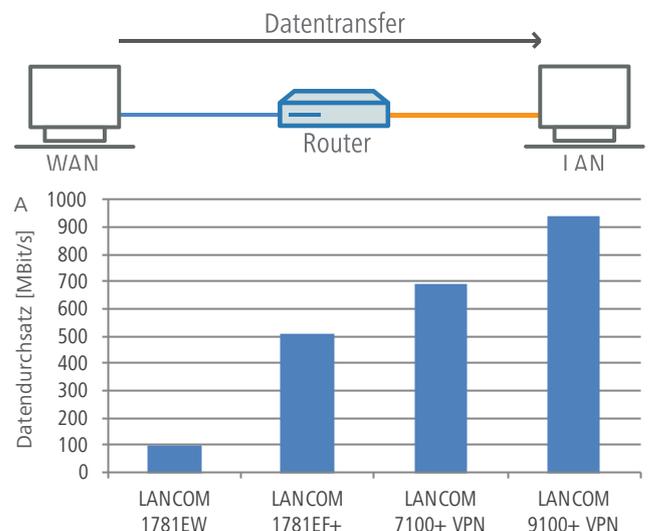


Diagramm 5: TCP-Routing - Datendurchsatz

IPSec-Routing-Performance

Anders als bei der reinen Routing-Performance werden die Frames beim VPN- bzw. IPSec-Routing nicht unverändert von einem Interface zum anderen weitergegeben. Bei der Verschlüsselung der Daten für den VPN-Tunnel wird der ursprüngliche Frame gekapselt und mit zusätzlichen Informationen versehen. Für die Betrachtung der IPSec Routing-Performance hat das zwei wichtige Auswirkungen:

- Die verschlüsselten Frames sind größer als die nicht verschlüsselten Frames. Bei den Messergebnissen muss daher angegeben werden, auf welchem Inter-

face eine bestimmte Frame-Größe betrachtet wird bzw. ob es sich um verschlüsselte oder unverschlüsselte Frames handelt. Die hier vorgestellten Werte beziehen sich immer auf die unverschlüsselte Größe der Frames. Ein IP-Paket von 42 Byte wird unverschlüsselt z. B. in einem Frame von 64 Byte transportiert. Bei einer AES-Verschlüsselung wächst der Frame z. B. auf 126 Byte an (42 Byte IP-Paket + 18 Byte Ethernet + 4 Byte FCS + 20 Byte IP + 8 Byte ESP + 16 Byte Initialisierungs-Vektor (IV) + 1 Byte Padding + 1 Byte Padding-Länge + 12 Byte Authentication).

Gerät	64	128	256	512	1024	1280	1418	Framerate
LANCOM 1781EW	3,68	8,42	16,90	34,25	65,23	80,70	88,7	7955,471
LANCOM 1781EF+	18,70	38,05	76,99	144,42	277,00	339,58	371,76	35181,171
LANCOM 7100+ VPN	28,81	56,17	106,68	205,65	386,89	469,08	515,09	49980,280
LANCOM 9100+ VPN	39,96	76,63	149,19	286,13	530,13	645,38	712,00	69440,562

Tabelle 4: IPSec-Routing (Decryption) - Datendurchsatz [MBit/s] bei Frame-Größe [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

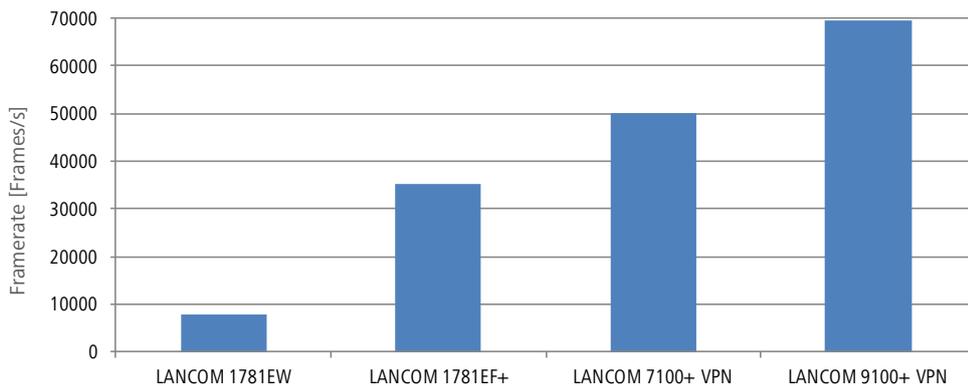


Diagramm 6: IPSec-Routing (Decryption) - Framerate

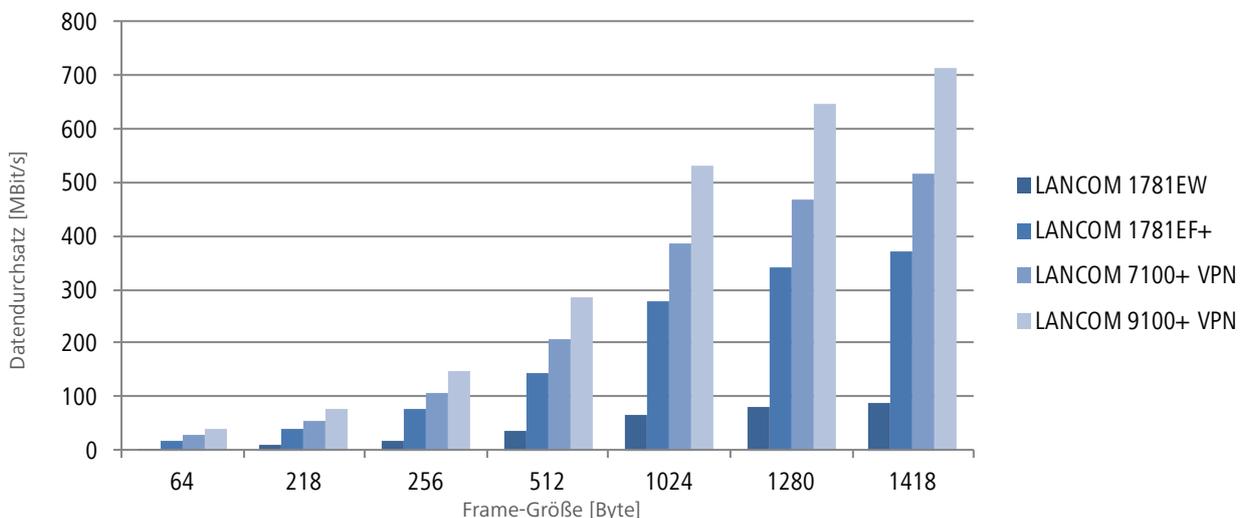


Diagramm 7: IPSec-Routing (Decryption) - Datendurchsatz

- Der Vorgang der Verschlüsselung (Encryption) bzw. Entschlüsselung (Decryption) benötigt Rechenzeit im Router. Dieser Vorgang verläuft in zwei Stufen, die bei der Verschlüsselung sequentiell ablaufen müssen. Bei der Entschlüsselung hingegen können diese Stufen parallel durchgeführt werden, was bei Modellen mit VPN- Hardware-Beschleuniger zu einem deutlichen Performance-Vorsprung im Vergleich zur Verschlüsselung führt. Die Messergebnisse zeigen daher einen signifikanten Unterschied zwischen Decryption- und Enc-

ryption-Richtung. Alle Werte für das IPsec-Routing sind hier für jeweils einen VPN-Tunnel angegeben. Beim Aufbau von bis zu 1000 Tunneln zeigt sich im Laborbetrieb eine nahezu konstante Framerate über die Anzahl der aktiven Tunnel. Im realen Einsatz wird jedoch die Framerate mit der Anzahl der Tunnel abnehmen auf Grund der Vorgänge, die für jeden Tunnel separat ausgeführt werden müssen (z. B. durch das Erneuern der verwendeten Schlüssel).

Gerät	64	128	256	512	1024	1280	1418	Framerate
LANCOM 1781EW	3,09	6,29	11,56	24,14	47,07	58,83	65,50	5854,40
LANCOM 1781EF+	14,72	30,38	60,65	119,17	232,60	283,89	316,57	28734,53
LANCOM 7100+ VPN	18,40	36,41	73,95	144,05	281,80	346,73	375,86	34739,80
LANCOM 9100+ VPN	26,10	52,34	103,42	203,68	390,31	472,64	519,23	48841,61

Tabelle 5: IPsec-Routing (Encryption) - Datendurchsatz [MBit/s] bei Frame-Größe [Byte] und durchschnittliche Framerate [Frames/s]

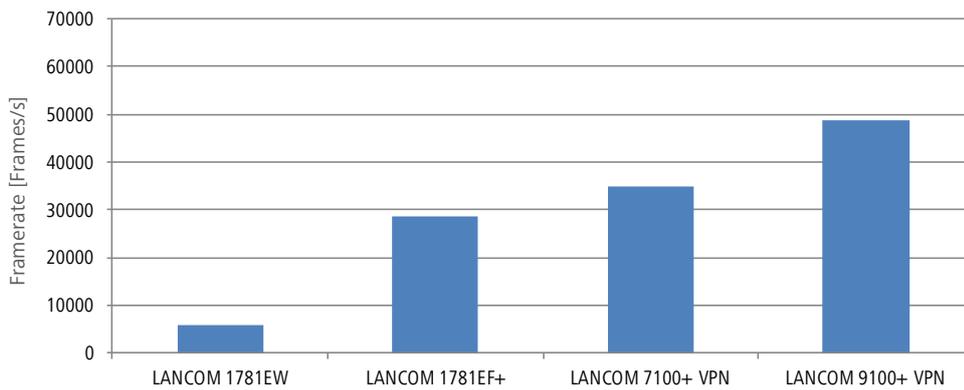


Diagramm 8: IPsec-Routing (Encryption) - Framerate

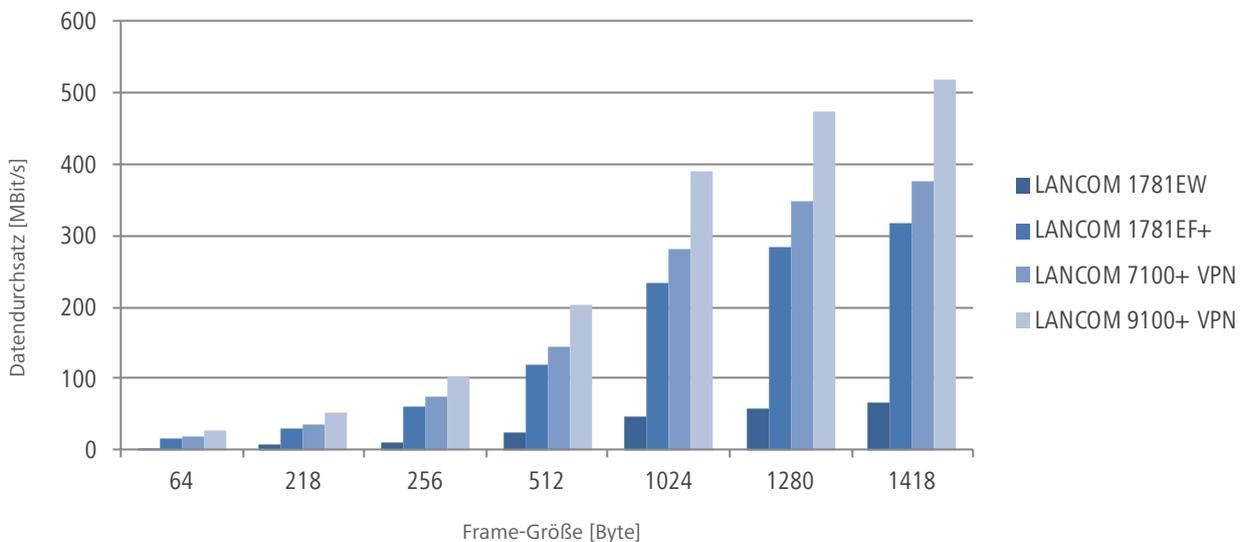


Diagramm 9: IPsec-Routing (Encryption) - Datendurchsatz

Gerät	IMIX 0	IMIX 1	IMIX 2
LANCOM 1781EW	25,38	19,52	21,43
LANCOM 1781EF+	118,09	95,70	115,16
LANCOM 7100+ VPN	166,88	131,73	162,02
LANCOM 9100+ VPN	234,21	184,43	225,46

Tabelle 6: IPSec-Routing (Decryption) - Datendurchsatz [MBit/s]

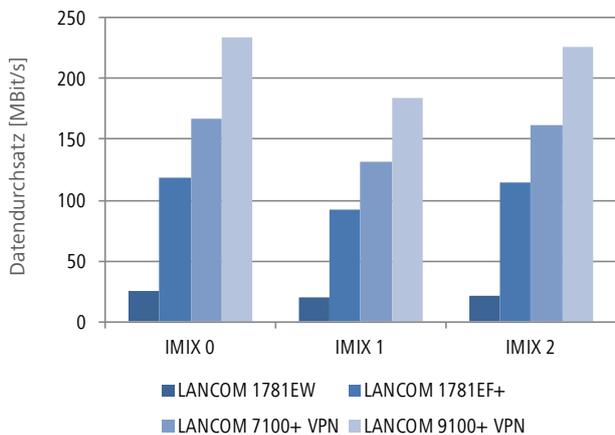


Diagramm 10: IPSec-Routing (Decryption)

Gerät	IMIX 0	IMIX 1	IMIX 2
LANCOM 1781EW	22,19	17,20	21,43
LANCOM 1781EF+	112,08	90,55	109,39
LANCOM 7100+ VPN	138,73	111,20	135,09
LANCOM 9100+ VPN	193,11	158,21	189,44

Tabelle 6: IPSec-Routing (Encryption) - Datendurchsatz [MBit/s]

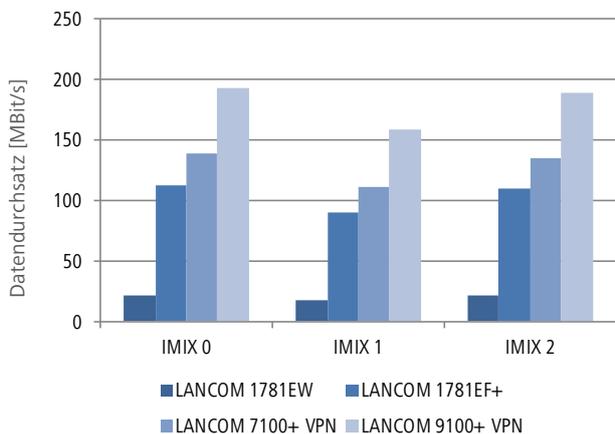


Diagramm 11: IPSec-Routing (Encryption)

IPSec-Routing mit verschiedenen IMIXen (Decryption und Encryption)

Als Alternative zu den Messungen mit festen Frame-Größen wurden Messreihen mit verschiedenen IMIX-Mustern durchgeführt. Die IMIX-Muster simulieren einen „realen“ Datenverkehr, der sich aus unterschiedlichen Frame-Größen zusammensetzt. Für die Zusammenstellung der genutzten Frame-Größen gibt es keine verbindliche Richtlinie, daher wurden für die Messung neben der Voreinstellung des IXIA-Testsystems (IMIX 0) zwei weitere gängige Muster verwendet (IMIX 1 und IMIX 2). Die einzelnen Muster verwenden die folgenden Frame-Zusammenstellungen:

- IMIX 0: 45% 64 Byte, 20% 128 Byte, 5% 256 Byte, 3% 512 Byte, 2% 1024 Byte, 1% 1280 Byte, 24% 1364 Byte.
- IMIX 1: 7x 64 Byte, 4x 570 Byte, 1x 1418 Byte.
- IMIX 2: 58% 90 Byte, 2% 92 Byte, 24% 594 Byte, 16% 1418 Byte.

Bei einem angenommenen Overhead von 100 Byte ist 1418 Byte die maximale Frame-Größe, die verschlüsselt noch auf dem Ethernet übertragen werden kann (bei 1518 Byte als maximale Frame-Größe IEEE 802.3).

Für die Messungen wurde eine AES128-SHA-Verschlüsselung verwendet, die Tunnel wurden in LAN-WAN-Richtung aufgebaut. Auch bei diesen Messungen ist wieder zu erkennen, dass die Entschlüsselung der Daten (Decryption) schneller erfolgt als die Verschlüsselung (Encryption).