

## Technik

### ■ Taktik

Amok- und Terrorlagen  
aus Sicht der Polizei

### ■ Porträt

Die Rettungsleitstelle  
Maastricht (NL) und die  
Anbreitung der  
Arbeitszeitgrenze

**SONDERDRUCK**



**Abb. 1:** Test-/Messaufbau einer IP-basierenden KVMA-Matrix-Absetzung eines Leitstellenarbeitsplatzes

## 100 Millisekunden für eine sichere Einsatzbearbeitung: Die Schnittstelle Mensch/Maschine

Der Schnittstelle Mensch/Maschine als kritisches Bindeglied zwischen den Disponenten und der komplexen Systemtechnik ist bei der technischen Integration der unterschiedlichen Systeme am Leitstellenarbeitsplatz ein besonderes Gewicht beizumessen. Diese ergonomisch optimierte Schnittstelle muss in der Leitstelle die höchste Verfügbarkeit aller Ressourcen sicherstellen und darf nichts dem Zufall überlassen. Dabei spielen auch die systembedingten Verzögerungen der eingesetzten Technik eine zentrale Rolle. Als Faustregel kann festgehalten werden, dass die maximale Verzögerung von der Signalauslösung am User-Interface bis zur visuellen Rückmeldung am Ausgabegerät maximal 100 Millisekunden (ms) betragen darf.

Autor:



**Thomas Kramser**  
Geschäftsführender  
Gesellschafter  
Ergoconcept  
Engineering GmbH  
Dorfmat 2b  
6343 Rotkreuz (Schweiz)  
thomas.kramser@  
ergoconcept.ch

### Schnittstellen mit der Maschine am Arbeitsplatz

Der Leitstellenarbeitsplatz zeichnet sich durch vielfältige technische Schnittstellen einzelner Systeme unterschiedlicher Hersteller und Systemintegratoren aus. Neben den Leit- und Sprachsystemen sind IT-Netzwerke, Großbildvisualisierungen, Videoüberwachungsanlagen, Sicherheitstechnik, Brandschutzanlagen, die Anbindung an die Gebäudeautomation sowie weitere Hilfssysteme und Einrichtungen zu integrieren. Ziel ist es, die unterschiedlichen Systeme am Leitstellenarbeitsplatz so zusammenzuführen, dass

ein in sich selbst schlüssiges Gesamtsystem entsteht, das sich nahtlos in das Leitstellengebäude mit den ergonomisch optimierten, umgebungsbezogenen Rahmenbedingungen integrieren lässt.

### Bedienung der komplexen Systemtechnik

Zur Bedienung der heterogenen Systemtechnik stehen verschiedene User-Interface am Leitstellenarbeitsplatz zur Verfügung: Touchpanel-Systeme, Multifunktionsstaturen mit Sonderfunktionen, Eingabemasken von Leitsystemen, Bildschirmober-

flächen von verschiedenen Applikationen, Browser-Lösungen von virtualisierten Systemen, Joy-Sticks und weitere Sonderlösungen. Die Bedienung soll in einem systemübergreifenden, übersichtlichen und klar strukturierten Benutzerkonzept festgelegt sein, das eine hohe Bedienfreundlichkeit aufweist und in hektischen Sonderlagen sicher und fehlerfrei bedienbar ist. Durch fest programmierte, in der Steuerung hinterlegte Prozesse können Abläufe automatisiert und die Dialoggestaltung strukturiert werden, was die Usability und die Gebrauchstauglichkeit der Bediensysteme deutlich steigert.

### Zeitliche Verzögerungen bei der Systemtechnik

Neben der intuitiven Bedienung spielt die Performance der Systemtechnik sowie die zeitliche Verzögerung der Rückmeldungen auf die Ausgabemedien eine bedeutende Rolle. Die vom Zeitpunkt der Befehlseingabe bis zur Anzeige auf einem Ausgabemedium entstehenden System-Delays haben direkte Auswirkung auf die Arbeitsleistung und die Bediensicherheit der Leitstellendisponenten. Diese zeitlichen Verzögerungen werden durch die unterschiedlichen Systeme und Systemschnittstellen entlang der Signalwege erzeugt. Von den einzelnen Herstellern der jeweiligen Teilsysteme sind meist keine belastbaren Angaben erhältlich, und wenn sie vorhanden sind, beschränken sie sich auf „marketing-orientierte“ White-Paper-Angaben, die in nicht praxisgerechten Laborumgebungen ermittelt wurden. Um belastbare Aussagen über die Systemverzögerungen der einzelnen Komponenten entlang des gesamten Systemaufbaus gewinnen zu können, empfiehlt es sich, Testaufbauten mit den entsprechenden Messungen durchzuführen. Hier sind auch alle variablen Werte wie Systemauslastungen und Bandbreiten sowie alle aktiven und passiven Komponenten zu berücksichtigen (Abb. 1).

### Verursacher und Optimierungsmöglichkeiten

Um zeitliche Verzögerungen optimieren zu können, ist es unerlässlich, dass die gesamten Signalwege in die einzelnen Teilabschnitte aufgegliedert werden – beginnend bei den lokalen Hardware-Komponenten wie Monitor, Keyboard und Maus, die je nach Qualität der eingesetzten Bauteile deutlich unterschiedliche Verzögerungswerte aufweisen und die in der Praxis meist nicht den im Labor unter optimalen Rahmenbedingungen gemessenen Werten entsprechen. Weiter kommen bei lokalen, direkten Absetzungen der Rechnertechnik in die Serverräume, die Sender und Empfänger, Matrizen für die Signalverschaltungen sowie Leitungswege und Medienumsetzungen der Kupfer- oder Glasfaserstrecken dazu. Bei Absetzungen

der Arbeitsplätze über ein dediziertes IP-Netzwerk sind die Netzwerkauslastung und Bandbreiten mit zu berücksichtigen.

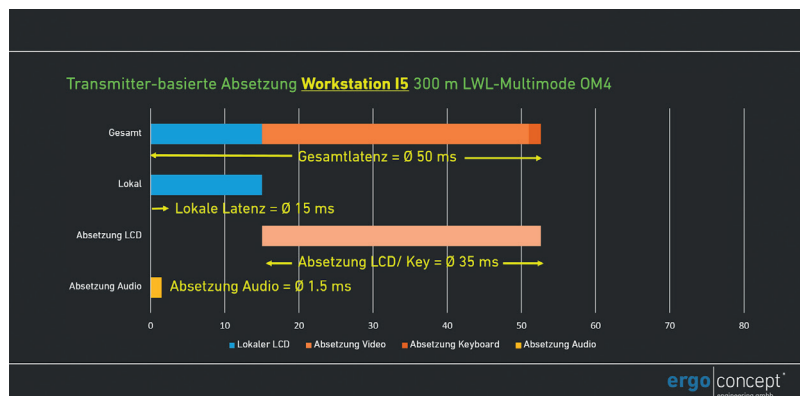
Mit diesen Aufteilungen der einzelnen Teilabschnitte entlang der System- und Signalketten können die Verursacher von übermäßigen Verzögerungen identifiziert werden. Aussagen von Lieferanten wie „Mein Gerät bzw. Installation ist schnell und nicht die Ursache für ein träges Gesamtsystem“ können so relativiert und detailliert für eine Optimierung adressiert werden. Die in Leitstellen geforderte, sehr hohe Verfügbarkeit der Klasse 3 nach BSI von 99,99% erfüllt vor allem klassische Lösungen mit dedizierten, redundant aufgebauten Signalwegen oder dedizierten IP-Netzwerken. Hier ist die geringste Systemverzögerung durch die maximale Übertragungsbandbreite während 24/7 sichergestellt (Abb. 2 und 3).

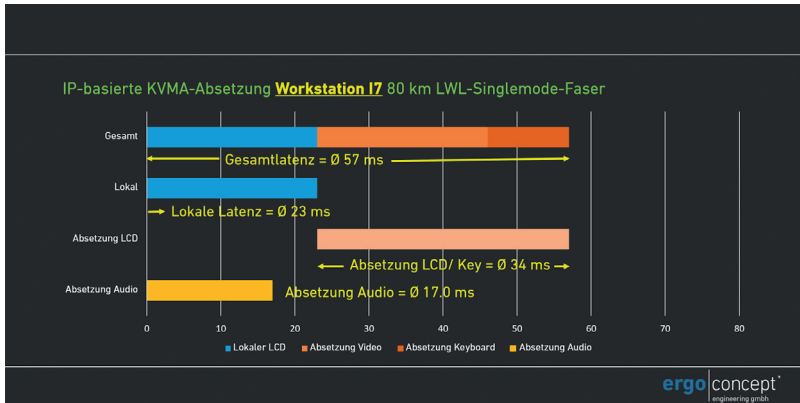
### Zeitliche Verzögerungen bei virtualisierten Systemen

Grundsätzlich gibt es bei der Virtualisierung der Systeme zwei Ansätze: die Hardware-Virtualisierung und die Software-Virtualisierung. Bei der Hardware-Virtualisierung werden eine Anzahl X virtueller Rechner mit jeweils eigenen OS (OS = Operating System/ Betriebssystem) und Applikationen auf einem leistungsstarken Server integriert, die sich gemeinsam die Leistung und die physischen Schnittstellen dieser Server-Hardware teilen. Der Vorteil ist, dass mit hoch performanten Servern eine größere Anzahl von physischen Rechnern eingespart werden können, was bei der Beschaffung und im Unterhalt erhebliche Vorteile hat. Der Nachteil in Bezug auf die zeitliche Verzögerung ist, dass diese je nach Zugriff der virtuellen Rechner auf die Ressourcen des Basisrechners und je nach Auslastung dieses nicht konstant sind. Fällt der Server hardware- oder anbindungstechnisch aus, fallen damit alle laufenden virtuellen Rechner ebenfalls aus (Single Point of Failure).

Bei der Software-Virtualisierung wird das Vorhandensein von Hardware in der software-basierten Umgebung simuliert. Bei der Software-Virtualisie-

**Abb. 2:** Transmitter-basierte, direkte Absetzung einer I5-Workstation mittels Sender- und Empfänger-Signalwandlung über eine Multimode-Glasfaserstrecke OM4 von 300 m; Gesamtlatenz  $\varnothing$  50 ms





**Abb. 3:** IP-basierte KVMA-Absetzung einer I7-Workstation mittels Sender- und Empfänger-Signalwandlung über eine dedizierte Singlemode-Glasfaserstrecke von 80 km. Gesamtlatenz Ø 57 ms

ring wird zumeist die Applikation samt der benötigten OS-Bereiche in Container gepackt, die auch unter einer anderen OS-Variante ablauffähig sind. Es kann auch ein kompletter virtueller Rechner als Software-Virtualisierung erstellt werden, wie z.B. VM-Ware. Bei der Software-Virtualisierung werden wie bei der Hardware-Virtualisierung zusätzliche Schichten und Treibermodule notwendig, die eine negative Auswirkung auf die Rechnerlatenzzeit haben können. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass eine Virtualisierung – egal, ob hardware- oder software-basiert – hinsichtlich der Latenzzeiten zu zusätzlichen Verzögerungen führt.

### Zeitliche Verzögerungen von Cloud-Lösungen

Aktuell werden auch im Leitstellenbereich Visionen und Lösungen diskutiert, bei der die Nutzung von IT-Leistungen über das Internet/Intranet in eine Cloud ausgelagert werden sollen – sei es in eine „Public Cloud“ über das normale Internet oder über eine „Private Cloud“ der eigenen Organisation oder gehostet bei einem Service-Dienstleister. Public-Cloud-Lösungen, bei denen die Anwendungen, die Rechnerleistung oder die gesamten Geschäftsprozesse vollständig ins „öffentliche“ Internet ausgelagert werden, sind im Leitstellenbereich nur für nicht-kritische Prozesse wie z.B. Office-Anwendungen denkbar.

**Abb. 4:** Jedes System bzw. jede Technologie hat technische und kommerzielle Vor- und Nachteile, die in Nutzwertanalysen projektspezifisch beurteilt werden müssen.



Allen Cloud-Lösungen ist gemein, dass sie im WAN (Wide Area Network) über aktive Netzwerkkomponenten geroutet und verteilt werden sowie bei den zur Verfügung stehenden Bandbreiten, die mit anderen Nutzern geteilt werden müssen. Die Laufzeiten der Signale können aufgrund der Auslastung der aktiven Komponenten und der zur Verfügung stehenden Bandbreite variieren. Gleichzeitig garantiert kein Provider die geforderte Verbindungsgarantie von 99,99%, damit die BSI-Vorgaben eingehalten werden können. Eine redundante Anbindung über zwei unterschiedliche Provider, die sich nicht in einem zentralen Backbone treffen, ist bei einer Cloud-Lösung ein Muss-Kriterium. Um eine hohe Verbindungsqualität zu erreichen, sind nicht überbuchte Leitungen, garantierte Bandbreiten, feste Routings und höchste Anforderungen an die SLA (Service Level Agreement) zu berücksichtigen. Die zeitlichen Verzögerungen und die Sicherheitsaspekte sind bei den Cloud-Lösungen in jedem Fall bei der Evaluation kritisch zu hinterfragen.

### Augen-Hand-Koordination

Zur Beurteilung der maximal akzeptablen zeitlichen Verzögerung der Systemtechnik am Leitstellenarbeitsplatz ist das Zusammenwirken der Koordination der Hand bei der Signalauslösung am Eingabegerät bis zur optische Wahrnehmung des Auges durch die visuellen Rückmeldungen am Ausgabegerät maßgebend. Diese zeitliche Verzögerung wirkt sich direkt auf die Arbeitsleistung aus und hat somit einen kausalen Einfluss auf die operative Bediensicherheit. In der DIN EN ISO 9241 „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 410 Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte“ wird der Verzögerungswert der Maus für einen lokalen Rechner wie folgt beschrieben: „Die Bewegung des Zeigers auf dem Bildschirm muss ohne unangemessene Verzögerung angezeigt werden. Dies ist der Fall, wenn für die visuelle Rückmeldung die Signalausgabe vom Eingabegerät zum System innerhalb von 20 ms erfolgt.“ Für die Anwendungen in den Leitstellen mit vernetzter und abgesetzter Technik gibt es keine weiterführenden Normen, die diese gesamten Systemaufbauten berücksichtigen.

Die Optimierung der Mensch-Computer-Interaktion ist aber aktuell ein bedeutsames interdisziplinäres Forschungsgebiet bei dem mittels Blickbewegungsanalysen (Eye Tracking) und anhand experimentellen Untersuchungen des Führungsverhaltens der Hand und der Augen ermittelt wird, wie lange die zeitliche Verzögerung dauern darf, ohne dass die Benutzerleistung reduziert wird. Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen bestätigen, dass eine Verzögerung bis zu 100 ms noch keine Beeinträchtigung der Arbeitsleistung darstellt.

## Auswirkungen auf die Aufgabenleistung

Die Aufgabenleistung verhält sich zur Zeitverzögerung bis ca. 120 ms linear, danach reduziert sich die Aufgabenleistung absteigend. Zusammenfassend können folgende Werte als Faustregeln festgehalten werden (Abb. 5):

- < 50 ms: kann nicht oder kaum wahrgenommen werden
- < 100 ms: hat Einfluss auf die Aufgabenleistung
- > 150 ms: Verschlechterung der Aufgabenleistung
- > 200 ms: die Aufgabenleistung wird beeinträchtigt.

Wenn Rechner-Quellen (System A, B, C usw.) über abgesetzte KVMA-Leitstellensysteme (KVMA = Keyboard, Video, Mouse, Audio) umgeschaltet werden, kann der Prozess, da eine neue Aufgabe aufgerufen wird, länger dauern, ohne dass eine Beeinträchtigung der Arbeitsleistung eintritt. Zusammenfassend können nachstehende Werte als Beurteilungsgröße angesetzt werden:

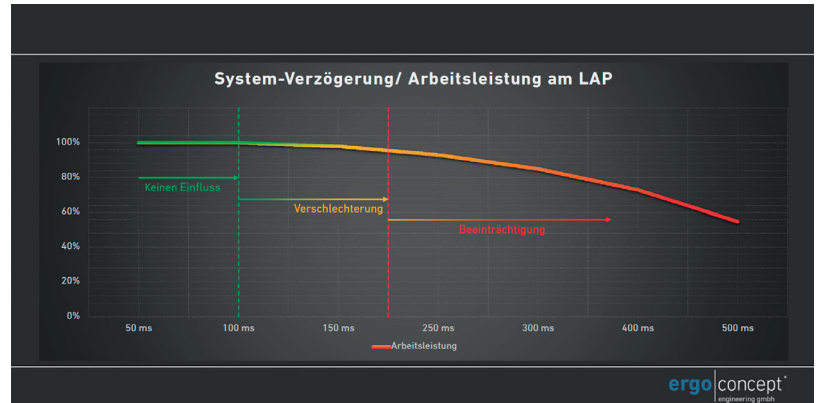
- < 300 ms: hat keinen Einfluss auf die Aufgabenleistung
- > 300 ms: Verschlechterung der Aufgabenleistung
- > 500 ms: die Aufgabenleistung wird beeinträchtigt.

Bei der Übertragung von Video- und Audiodaten ist beim technischen Aufbau auf die Lippen-Synchronität zu achten, die sich bei Kopf-, Schulter- oder Körperansicht unterschiedlich verhalten. Die zeitliche Übereinstimmung von Bild und Ton kann wie folgt beurteilt werden:

- < 50 ms: kann nicht oder kaum wahrgenommen werden
- < 100 ms: hat keinen Einfluss auf die Aufgabenleistung
- > 150 ms: Verschlechterung der Aufgabenleistung.

## Fazit und Empfehlungen


Zur Optimierung der Schnittstelle Maschine/Mensch in der Leitstelle sind die technischen Rahmenbedingungen der komplexen Systemaufbauten und Technologien hinsichtlich der Gesamtverzögerung bei der Bedienung in allen Einzelheiten zu berücksichtigen. Die Gesamtverzögerung hängt von verschiedenen Einflüssen entlang der Signal- und Systemkette ab, die immer in Summe betrachtet und auf Wechselwirkungen hin überprüft werden müssen. Bei Beschaffungen und Ausschreibungen ist es empfehlenswert,



**Abb. 5:** Direkter Einfluss der technischen Systemverzögerung auf die operative Arbeitsleistung am Leitstellenarbeitsplatz

die maximale Gesamtverzögerung der Systemtechnik von 100 ms als Muss-Anforderung an die Systemlieferanten- und integratoren sowie an die Dienstleister in den technischen Spezifikationen und in den Leistungsbeschreibungen/ Leistungsverzeichnissen festzuschreiben.

Im Projektverlauf ist der Qualitätssicherung ein besonderes Gewicht beizumessen. Bei sämtlichen Projektschritten sind die erreichten Werte zu überprüfen. Der Testaufbau und die Messungen des Gesamtsystems sind in einem FAT (Factory Acceptance Test) vor der Produktionsfreigabe und Umsetzung der Anlagen empfehlenswert. Zu diesem Zeitpunkt können noch Veränderungen am System vorgenommen werden, falls die geforderten Verzögerungszeiten nicht erreicht werden. Bei Überprüfungen und Optimierungen von Bestandssystemen, deren Verzögerung über den geforderten 100 ms liegen, sind die gesamten Signal- und Systemketten aufzuteilen und die Verursacher transparent zu ermitteln, damit die Mängel behoben werden können. Bei der Wahl von Dienstleistern sind die einzuhaltende Verfügbarkeit von 99,99%, die Verbindungsqualität und die garantierte Bandbreite in leitstellenspezifischen SLA (Service Level Agreements) sicherzustellen.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass es nicht das eine richtige System gibt. Jedes System bzw. jede Technologie hat technische und kommerzielle Vor- und Nachteile, die in Nutzwertanalysen projektspezifisch beurteilt werden müssen. Allen Systemen gemein ist aber, dass die Verzögerung von Ein- und Ausgabegerät von 100 ms nicht überschritten werden darf. 

## Quelle:

1. Pongrac H (2011) Gestaltung und Evaluation von virtuellen und Telepräsenzsystemen. Aufgabenleistung und Präsenzepfinden in Abhängigkeit von haptischen und visuellen Ein- und Ausgabeparametern. Südwestdeutscher Verlag für Hochschulschriften. [www.shv-verlag.de](http://www.shv-verlag.de)