

Virtuelle Praktika für die Ingenieurausbildung

Dr.-Ing. Andreas vom Hemdt, Prof. Dr.-Ing. Günter Schmitz, Dipl.-Ing. Stefan Breitschuh, Dipl.-Ing. Steffen Graber,
FH Aachen, Aachen, Deutschland

Kurzfassung

Praktika sind wesentliche Bestandteile der Hochschulausbildung, besonders in technischen Disziplinen und an Fachhochschulen. Die finanziellen und personellen Mittel zur Ausstattung der Praktika sind knapp, die Räumlichkeiten begrenzt und deshalb oft über das gesamte Semester komplett ausgebucht. Während bisher virtuelle Laborversuche meist auf reine Simulationen [5] beschränkt waren, wird im Rahmen des INGMEDIA-Verbundprojektes eine Kombination von Versuchsvorbereitung, Simulation, telematischer Versuchsdurchführung und Versuchsnachbereitung über das Internet/Intranet eingesetzt.

Das Projekt INGMEDIA wird gefördert vom bmb+f im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms der Bundesregierung

1. Einleitung

In der Lehre ist das Praktikum eine optimale Ergänzung zu den klassischen Lehrformen Vorlesung und Übung. Hier können die audio-visuell aufgenommenen Informatiken durch Experimente verstärkt werden. Die Studierenden werden über das explorative Lernen angesprochen [2,6]. Praktika bieten für Ingenieurstudierende besondere Lernchancen:

- konkretes Arbeiten und gegenständliches Begreifen (Haptik) aktivieren das Lernen,
- organisatorisch vorgegebene Gruppenarbeit fördern die Sozialkompetenz und
- versuchs- und fachübergreifende Laborkompetenz sind wesentliche Bestandteile der Berufsvorbereitung.

Deswegen kann das Präsenzpraktikum nicht einfach durch ein virtuelles Labor am PC ersetzt werden. Es würde das ihm innewohnende einzigartige didaktische Potential verlieren. Eine telematische (ferngesteuerte) Versuchsdurchführung bietet jedoch die Möglichkeit, einen großen Teil der Vorteile zu erhalten und gleichzeitig weitere Potentiale zu erschließen. Während bei den Präsenzpraktika häufig nur ein bis zwei Studenten aus einer Gruppe den Versuch aktiv durchführen und die anderen Studenten nur protokollieren oder gar abschreiben, wird durch die telematische Versuchsdurchführung jeder Student dazu gebracht, den Versuch eigenständig durchzuführen. Dies ist durch die effektivere Ressourcennutzung und die Entzerrung der Nutzungszeiten möglich.

In dem Verbundprojekt INGMEDIA von 6 Fachhochschulen und Universitäten wird mit Hilfe des Internets und der „Neuen Medien“ ein innovatives Lernsystem für Ingenieurstudierende im Rahmen der Laborpraktika geschaffen.

Zur multimedialen Begleitung der Praktika für Ingenieurstudierende werden Systeme in drei wesentlichen Bereichen entwickelt:

- In den Grundlagenpraktika erleichtern Tutorien mit Hypertext-Strukturen die Vorbereitung und erlauben, komplexe Beispiele aus der technischen Praxis einzubeziehen. Simulationsmodule ermöglichen, kreativ mit Theorien und Modellvorstellungen umzugehen.
- In virtuellen Technologiepraktika machen sich die Studierenden mit moderner Mikrotechnikfertigung vertraut und erlernen an virtuellen Maschinen mit realitätsnahen Oberflächen die Bedienung.
- In Telematiklaboren werden elektronische und physikalisch-technische Messvorgänge von beliebigen, vernetzten PCs aus durchgeführt und ausgewertet. Wesentlich ist die Orts- und Zeitunabhängigkeit der Versuchsdurchführung.

2 INGMEDIA Lernumgebung

Zentraler Anlaufpunkt für Lernende und Autoren ist der INGMEDIA Lernserver, welcher als LAMP System aufgebaut ist; d.h. unter dem Betriebssystem Linux läuft ein Apache Webserver. Dieser liefert Daten aus einer MySQL-Datenbank mit Hilfe der serverseitigen Skriptsprache PHP über das Internet an einen Client. Die in PHP realisierte Lernumgebung ermöglicht insbesondere, dass Praxiseinheiten dynamisch aus der Datenbank generiert und dem jeweiligen Benutzer präsentiert werden.

Diese INGMEDIA Lernumgebung [1] besteht aus folgenden drei Hauptmodulen:

2.1 Lernoberfläche

Die Lernoberfläche ist der Teil der Lernumgebung, den die Studierenden zu sehen bekommen, nachdem sie sich an dem Server angemeldet haben. Hier können sie Praxiseinheiten auf einem persönlichen Schreibtisch verwalten und - soweit möglich - nach eigener Zeitplanung

durchführen. Des Weiteren sind hier Kommunikationsmodule hinterlegt, welche die Verbindung zu den Tutoren oder zu anderen Kommilitonen aufbauen.

2.2 Autorensystem

Das Autorensystem bietet den Autoren der Praktikumseinheiten eine einheitliche Umgebung, in der Sie Ihre Inhalte für das INGMEDIA System erstellen können.

Diese ist zweigeteilt: in einem ersten Schritt werden die Einheiten soweit möglich offline erstellt (zurzeit im HTML Format, langfristig ist der Einsatz vom XML geplant). Ziel ist nicht nur die weitere Verwendung in der zentralen INGMEDIA Lernumgebung, sondern auch die Distribution mit einem Offline-Medium wie z.B. einer CD-ROM.

Diese Daten werden dann automatisiert in die Lernumgebung übernommen. Hier existiert auch der zweite Teil des Autorensystems, in dem systemspezifische Änderungen vorgenommen werden können. So ist es zum Beispiel möglich, die Lernergruppen für eine Praktikumseinheit zusammenzustellen.

2.3 Administrationsbereich

Im Administrationsbereich wird das System grundlegend verwaltet. Neben den Systemeinstellungen ist vor allem die Benutzerverwaltung der wichtigste Part.

Benutzer können angelegt oder gelöscht und ihre Daten geändert werden. Der Administrator kann sich einen einfachen Überblick über alle im System vorhandenen Praktikumseinheiten verschaffen und hier auch unterstützend eingreifen, falls dem Autor bei der Erstellung ein Fehler unterlaufen sein sollte. So kann er zum Beispiel die Objektrechte der Einheiten ändern und damit festlegen, wer Schreib- und wer nur Leserechte für bestimmte Praktikumseinheiten hat.

Systemeinstellungen, welche die Installation des Systems betreffen, können verändert werden. Pfade zu benötigten

Programmen und für die Dateiablage der Lernumgebung können geändert werden. Für Wartungsarbeiten kann die Lernumgebung abgeschaltet werden, so dass während dieser Zeit niemand mehr Zugriff hat und eine entsprechender Hinweis beim Login erscheint.

Ein wichtiger Punkt ist auch die Angabe eines Ansprechpartners an den sich der Anwender bei Problemen mit dem System wenden kann.

3 Telematikpraktikum

Das Telematikpraktikum ist das besondere Feature innerhalb der INGMEDIA Lernumgebung. Hier bekommen Studierende Zugang zu Messplatzrechnern (siehe **Bild 1**), auf denen das jeweilige Online-Praktikum durchgeführt werden kann.

3.1 Messplatz

An den Messplatzrechner ist der eigentliche Messplatz mit seinen Messobjekten und –geräten über verschiedenste Steckkarten (Direct-I/O und GPIB-Bus) angeschlossen. Das Messen, Steuern und Regeln wird über LabVIEW 6.1 von National Instruments durchgeführt.

Die mit dieser Software erstellten Programme lassen sich nicht nur an dem Messplatzrechner vor Ort bedienen. Sie bieten über einen integrierten Webserver auch die Möglichkeit der Fernsteuerung in einem gewöhnlichen Web-Browser (z.B. Netscape, Internet Explorer oder Mozilla). Auf dem Client muss dazu die aktuelle Version der LabVIEW Run-time Engine installiert sein.

Beim Aufbau der Verbindung zwischen Client und Server werden zu Beginn sämtliche Bildinformationen des entsprechenden VIs (= Virtual Instrument, siehe **Bild 2**) übertragen. Danach erfolgt nur noch ein Austausch von Mess- und Steuerdaten zwischen Client (Browser der Studierenden) und Messsoftware (LabVIEW-Messplatz). Während in der Vergangenheit Datenmengen von einigen MByte je Einzelmessung übertragen werden mussten [3],

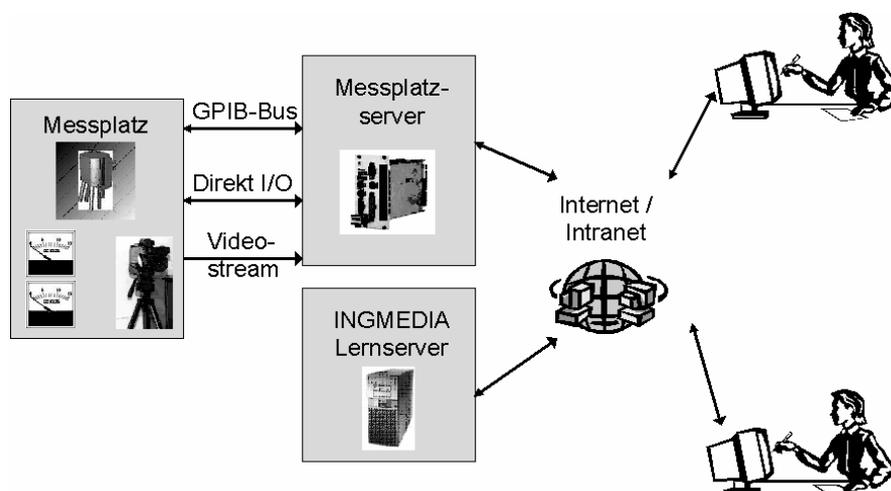


Bild 1 Systemüberblick

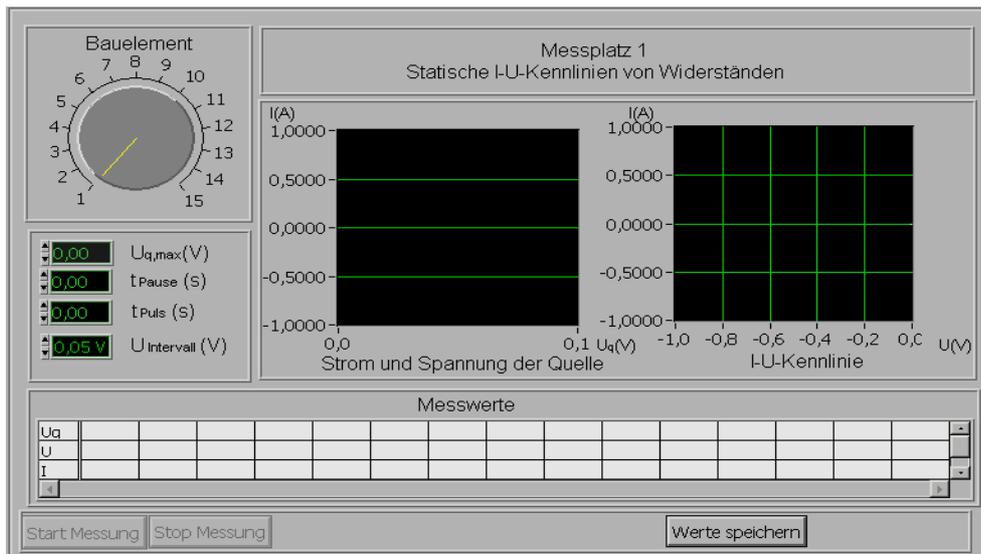


Bild 2 Messplatz im Browser

genügt jetzt eine Bandbreite von ca. 0,3 bis 1 kByte/sec. Diese Bandbreite wird auch von einer analogen Telefonleitung bereitgestellt

Der Benutzer hat in seinem Browserfenster exakt die gleichen Möglichkeiten der Messdurchführung als wäre er direkt vor Ort; d.h. die Steuerung liegt ganz in der Hand des jeweiligen Benutzers. Andere Benutzer können zwar die Messungen mitverfolgen, aber nicht von sich aus aktiv in die Steuerung eingreifen.

Dies erfordert eine Benutzerverwaltung und die Zuteilung von Versuchszeiten. Diese Aufgaben werden nicht vom Messplatzrechner sondern von dem INGMEDIA Lernserver übernommen.

Für die Messung zeitinvarianter Daten ist sogar eine quasi gleichzeitige Benutzung und Bedienung durch mehrere Benutzer möglich. Mehrere („Client“) VIs werden mit einem Server VI verbunden, welches ausschließlich den Messplatz bedient. Der Benutzer des Client VIs hat den Eindruck, dass er alleinigen Zugriff auf den Messplatz hat. Tatsächlich werden jedoch seine Messungen im Time-Sharing Verfahren abgewickelt. Für bestimmte Messungen, die beispielsweise Temperaturabhängigkeiten betreffen und somit thermische Zeitkonstanten berücksichtigen müssen, wird der Messplatz dann tatsächlich exklusiv zugeteilt und die Benutzung durch andere Clients gesperrt.

3.2 Einbindung ins INGMEDIA-System

Zugang zu den Messplatzrechnern erhalten die Studierenden über die INGMEDIA-Lernumgebung. Über die integrierte Benutzerverwaltung wird sichergestellt, dass sie auch die nötigen Rechte haben und ein Telematikpraktikum durchführen dürfen.

Da die Kommunikation des Browser-Plugins direkt mit der Messplatzsoftware erfolgt, muss eine Authentifizierungsschnittstelle zwischen Messplatz und INGMEDIA-

Server geschaffen werden. Studierende können über einen beliebigen PC an der Hochschule oder vom heimischen Arbeitsplatz mit dem INGMEDIA System arbeiten.

Ein Telematikpraktikum ist als Einheit in einer bestimmten Zeit zu absolvieren. Für die Identifizierung eines Benutzers während einer Sitzung wird die IP-Adresse herangezogen. Die meisten Internet-Provider generieren eine dynamische IP-Adresse, die nur während einer Sitzung gültig ist. Innerhalb der Zeitspanne einer Einheit ist die IP des Lerners im Normalfall konstant und kann damit als ein Identifizierungsmerkmal verwendet werden.

Bei Anmeldung an die INGMEDIA-Lernumgebung wird jedem Benutzer außerdem noch eine eindeutige, für ihn nicht einsehbare Benutzer-ID zugeordnet.

Diese beiden Informationen werden dem Messplatzrechner zur Verfügung gestellt. Dort nimmt der Student über das Browser-Plugin direkten Kontakt ohne Login auf. Also ist die einzige, abfragbare Information über die Identität des Clients seine IP-Adresse.

Diese wird mit den Daten aus der Lernumgebung verglichen. Sind die IP-Adressen identisch und handelt es sich bei der Benutzer-ID um eine gültige Kennzeichnung, bekommt der Lernende Zugang zum Telematikpraktikum (siehe **Bild 3**). Damit ist sichergestellt, dass nur ein im

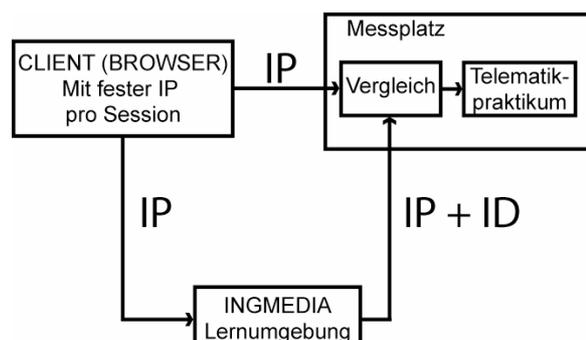


Bild 3 Zugangsregelung

INGMEDIA-System bekannter Benutzer mit entsprechenden Rechten „sein“ Telematikpraktikum durchführen kann.

3.3 Einsatz von Video in der Telematik

Eine wesentliche Aufgabe der Telematikpraktika ist es, den Studierenden nahe zu bringen, dass nicht eine Simulation abläuft, sondern dass live an einem technischen System gearbeitet wird. Der Benutzer muss unmittelbar (= mit den Internet typischen Zeitverzögerungen) erkennen können, dass Eingaben von ihm wirklich physikalische Reaktionen im System hervorrufen.

Hier bietet der Einsatz von Video die Möglichkeit eines direkten visuellen Feedbacks. Problematisch beim Einsatz von Video über das WWW ist der Aufbau eine Livestreams, welcher ohne größere Verzögerung sofort im Browser des Benutzers abläuft.

Am Markt gibt es die verschiedensten Lösungen, welche alle ihre Eigenheiten haben, meist nicht untereinander kompatibel sind, und die Verwendung eines ganz bestimmten Plugins zur Darstellung voraussetzen.

Ein einfacher und sehr direkter Weg ohne die Verwendung eines Plugins ist das Server-Push Verfahren von Netscape[8]. Hierbei übermittelt der Server ohne Anforderung des Clients nach und nach Informationen (hier Bilder). Dabei wird die Verbindung für unbestimmte Zeit offengehalten, bis der Server das Datensenden von selbst beendet, oder der Client die Verbindung unterbricht.

Im vorliegenden System liefert ein CGI Programm Sequenzen von Einzelbildern im JPEG-Format über die HTTP-Verbindung an einen Browser, wo sie dann als Live Videostream unmittelbar angezeigt werden.

Die direkte Darstellung von Server-Push Streams ist auf

Netscape bzw. Mozilla Browser beschränkt. Zur Anwendung im Microsoft Internet Explorer ist ein zusätzliches Programm nötig.

Im INGMEDIA Projekt kommt das an der Universität Ulm, Abteilung Verteilte Systeme, entwickelte Programm WebMedia [9] zum Einsatz. Dieses liefert den Live Videostream an Netscape/Mozilla Browser im Server-Push Verfahren und stellt dem Microsoft Internet Explorer automatisch ein Java Applet zur Verfügung, welches auch hier die erforderliche Funktionalität ermöglicht.

Die Oberfläche zum Fernbedienen des Messplatzes zusammen mit dem direkten visuellen Feedbacks des Videostreams ergibt damit ein Praktikum, welches dem herkömmlichen Versuch vor Ort zumindest sehr nahe kommt.

Eine Demonstration der Videoübertragung ist im Internet unter dem Link <http://www.ingemedia.fh-aachen.de/emma> verfügbar. Dabei wird eine Spielzeugeisenbahn über einen Messplatzrechner gesteuert, die Werte für die Fahrspannung werden im Browser eingegeben, die an den Schienen gemessenen Spannung im Browser angezeigt und parallel dazu ein Videobild mit der Eisenbahn und einem analogen Messgerät gezeigt (siehe Bild 4)

4 Steuerung des LabVIEW-Messplatzes

Seit Version 6.1 ist in LabVIEW ein WebServer integriert. Mit diesem kann man vorhandene LabVIEW-Programme über einen Webbrowser ohne zusätzlichen Programmieraufwand bedienen.

4.1 Terminierungsprobleme

Bei näherer Betrachtung der Benutzung von vorhandenen LabVIEW-Programmen über das Internet treten noch ein

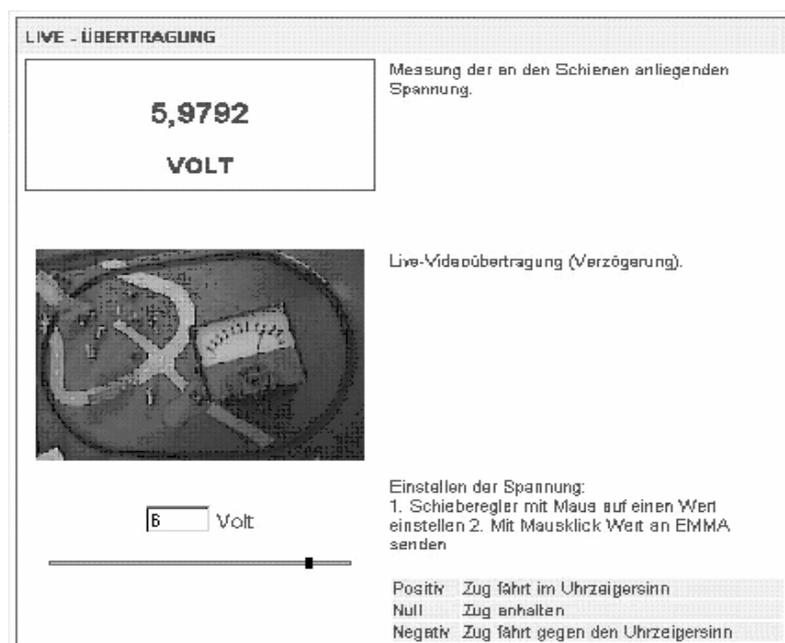


Bild 4 Telematik-Seite für Emma

paar Schwierigkeiten in den Vordergrund.

In der aktuellen Version von LabVIEW ist es nicht möglich direkt festzustellen, ob ein VI gerade lokal bedient oder über einen Webserver ferngesteuert wird (siehe **Bild 5**). Beim Öffnen eines Unter-VIs übernimmt dieses auch die Eingabe-Steuerung. Dies bedeutet, dass das Haupt-VI keine Eingaben mehr annimmt und somit nicht benutzt werden kann. Wird dieses Unter-VI nicht auf dem gewünschten Weg beendet, sondern z.B. über ALT-F4, erhält das Haupt-VI die Eingabekonsolle nicht zurück und kann wie oben beschrieben nicht mehr bedient werden. Unter normalen Bedingungen fällt dies kaum auf. Der versierte LabVIEW-User kennt dieses Problem und führt diese Situation im Normalfall auch nicht künstlich herbei.

Einem VI z.B. wird nicht mitgeteilt, wenn die Client-Server-Verbindung abbricht oder das Browserfenster geschlossen wird. Ein neuer User findet das VI noch in dem Zustand vor, wie es von dem vorherigen User verlassen wurde. Bei einer Einwahl auf dem Webserver wird immer das Haupt-VI geladen. Sollte vorher ein Unter-VI gestartet worden sein, ist die Anwendung nicht mehr nutzbar und muss neu gestartet werden.

Als Lösung bietet sich die Nutzung eines Logfiles des Webserver an. Jedem Haupt-VI kann ein eigenes Logfile zugewiesen werden. Es wird eingetragen, ob ein User sich ein VI nur anschaut oder auch die Kontrolle übernimmt.

Es wird eingetragen wenn die Kontrolle an den Server zurückgeht, bei Abgabe an einen anderen User dagegen nicht. Dies ist für die vorliegende Anwendung nicht von Bedeutung. Es muss aber beachtet werden, dass der Start eines Unter-VIs nicht im Logfile vermerkt wird. Die Beendigung dieses Unter-VIs bzw. die Abgabe der Kontrolle wird jedoch im Logfile vermerkt.

Ein VI, welches im Serverbetrieb eingesetzt werden soll, muss mit zusätzlichen Routinen erweitert werden:

- Eine Reset-Routine, die erkennt, ob ein User die Kontrolle des VIs zurückgegeben hat.
- Eine Routine, welche dem Logfile entnimmt, ob die Kontrolle beim Server liegt oder ein VI und wenn welches gerade benutzt wird.

In der Resetroutine wird das entsprechende Haupt-VI in einen definierten Ursprungszustand versetzt. Je nach Bedarf werde die Ausgänge der Spannungsversorgungen abgeschaltet und die Messgeräte wieder auf einen definierten Zustand eingestellt. Indem die Steuer- und Anzeigelemente des VIs auf einen Default-Wert zurückgesetzt werden, erhält jeder Benutzer beim Start eine identische Ansicht.

4.2 Kontroll-Zustand Erkennung

Das Logfile wird Zeile für Zeile nach der Übergabe der Kontrolle des Servers an einen User überprüft. Bei Erkennen des Dateiendes (Eof) wird die Position innerhalb des Logfiles beibehalten. Der Webserver erweitert das Logfile Zeilenweise, und bei Anhang eines neuen Events wird die neue Zeile sofort überprüft. Bei Erkennen eines „Login“, einer Übergabe der Kontrolle des Webserver an den User, wird eine Variable gesetzt. Wenn diese Variable gesetzt ist, startet automatisch die Suche nach dem „Logout“ oder Eof. Erst bei Detektieren eines „Logout“, wird die Variable zurückgesetzt. Das „Logout“ wird vom Server wie oben beschrieben automatisch gesetzt. Mit diesen zusätzlichen Routinen ist es möglich eine gezielte Steuerung der Client-VI-Verbindung zu erreichen. Diese Routinen können nur als Workaround für die oben beschriebenen Problematiken angesehen werden. Wie man erkennen kann fehlt die direkte Kommunikation zwischen VI und Server. In der angekündigten LabVIEW Version 7 wird es Änderungen in diesem Bereich geben. In wiefern diese auch die hier beschriebenen Schwierigkeiten betrifft ist uns bis dato nicht bekannt.

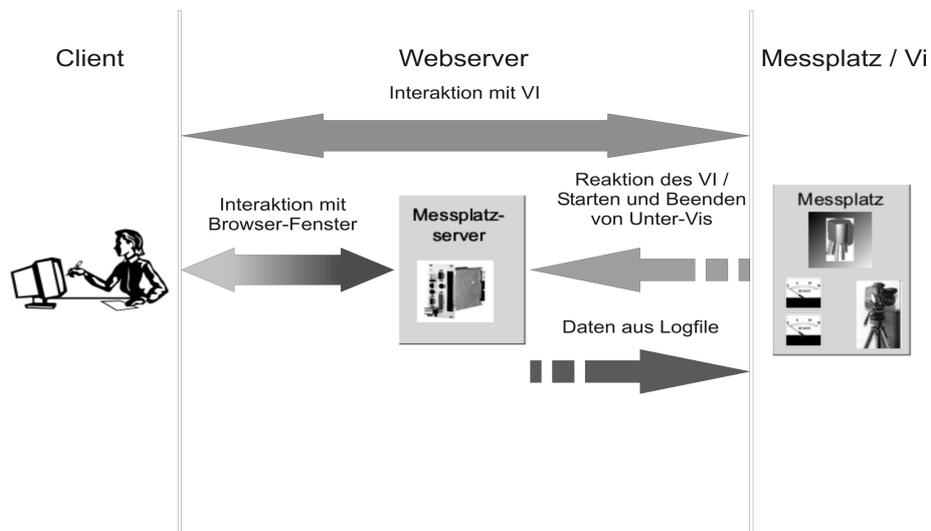


Bild 5 Kommunikation Client-Server

5 Zusammenfassung

Schwerpunkt der virtuellen Praktika ist das Telematikpraktikum, mit dessen Hilfe der Studierende von einem heimischen PC aus oder vom Arbeitsplatz an der Hochschule einen Versuchsaufbau fernsteuern, den realen Versuchsaufbau durch eine Videoübertragung beobachten und die Messergebnisse auf den lokalen PC mittels Standardbrowser holen kann.

Dabei erfolgt die Bereitstellung der Bedienoberfläche, das Content-Management sowie die Verwaltung der Nutzerdaten und Abarbeitungsdaten durch einen separaten datenbankbasierten INGMEDIA WebServer, der zudem dynamische HTML-Daten generiert. Für die erforderliche Realitätsnähe sorgt eine zeitgleiche Videoübertragung, die hinsichtlich der Bandbreite auch für die Heimmutzung optimiert ist.

Die Verwaltung und Zuteilung von Messplätzen erfolgt über den zentralen INGMEDIA Lernserver, der den Zugang zu den Messplätzen überwacht.

Demonstrationen der hier vorgestellten virtuellen Praktika sind im Internet unter der URL <http://www.ingmedia.de> verfügbar.

6 Literatur

- [1] Harry Boldt, Udo Backhaus: Didaktisches Konzept für eine E-Learning-Plattform im Umfeld physikalischer Praktika. DPG Frühjahrstagung 2002, Leipzig
- [2] Hans-Georg Bruchmüller, Albert Haug: Labordidaktik für Hochschulen - Eine Einführung zum Praxisorientierten Projekt-Labor. Leuchtturm-Verlag, 2001
- [3] R. Berntzen, J.O. Strandman, T.A. Fjedly, M.S. Shur: Advanced Solutions for Performing Real Experiments over the Internet. Proc. Int. Conf. on Engineering Education (ICEE 2001), Oslo, Norway, August, Session B61, pp. 21-26
- [4] Silke Seehusen: Virtuelle Fachhochschule – Konsequenzen. Beitrag zum 3.Norddeutschen Kolloquium über Informatik an Fachhochschulen, FH Bielefeld, 15./16. Mai 1998
- [5] Ansgar Scherp, Marco Schlattmann: Virtuelle Labore für den naturwissenschaftlichen (Schul-) Unterricht. Tagungsband zur 3. Fachtagung Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK2002) - Schule am Netz und was jetzt ?, Bremen, 18.-19.3.2002
- [6] Jörg Fricke, Wolfram Schiffmann: Telematiklabor für Digitalschaltungen. Informatik 2001, Tagungsband 2, pp. 1149-1153, Jahrestagung der GI/OCG, Wien 2001
- [7] Jörg Tuttas: Elemente einer Didaktik netzbasierter Lernumgebungen für die ingenieurwissenschaftliche Ausbildung - von rezeptiver Informationsvermittlung zum konstruktivistischen Lernen im Internet. Medien in der Wissenschaft; Band 10 'Lernen in

neuen Organisationsformen'; Friedrich Schermann (Hrsg.); Waxmann 2000; Seite 381 - 389.

- [8] N.N.: AN EXPLORATION OF DYNAMIC DOCUMENTS
http://wp.netscape.com/assist/net_sites/pushpull.html
- [9] N.N.: WebMedia
<http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/soft/wv/index.html>