

Zusammenfassung

Guter Physikunterricht sollte nicht nur Lerninhalte verständlich und gut strukturiert vermitteln, sondern unter anderem auch motivieren und Interesse wecken, durch Bezüge zu authentischen Kontexten Relevanz schaffen, ein adäquates Wissenschaftsverständnis anbahnen und nicht zuletzt auch den naturwissenschaftlichen Nachwuchs fördern. Wie eine ganze Reihe von Studien der vergangenen Jahre zeigt, gelingt dies nicht immer in der gewünschten Art und Weise. Schülerlabore an Hochschulen und Forschungseinrichtungen sollen den Schulunterricht in dieser Hinsicht ergänzen und bereichern. An diesen Einrichtungen gelingt es nachweislich, das Interesse an und das Verständnis für Naturwissenschaften zu fördern, wobei als wichtiges Merkmal, welches den Erfolg dieser außerschulischen Lernorte beeinflusst, häufig die dort in besonderer Weise erlebbare Authentizität genannt wird. Allerdings besteht Forschungsbedarf, welche Gestaltungsaspekte von authentischen Lernsettings – insbesondere Schülerlaboren – förderlich für die genannten Ziele wirken.

Bei der im Folgenden beschriebenen quasi-experimentellen Interventionsstudie im 2x2-faktoriellen Prä-Post-Follow-Up-Design mit Kontrollgruppe wurde daher ein Lernsetting mit unterschiedlich authentischen Lernorten und Laborgeräte gestaltet. Für dieses Lernsetting wurde ein Workshop zur optischen Umweltfernerkundung entwickelt und mit insgesamt 166 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe zehn durchgeführt. Als für das Thema authentischer Lernort wurde ein Schülerlabor des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR) gewählt, als weniger authentischer Lernort die Schulen der Probanden. Zum Einsatz kamen einerseits High-End-Laborgeräte, die im Allgemeinen nur Forschungseinrichtungen zur Verfügung stehen. Andererseits wurden – als weniger authentische Alternative – vereinfachte, für Schulen verfügbare Low-Cost-Geräte verwendet. Bei diesen handelte es sich insbesondere um neu entwickelte, für den Unterrichtseinsatz geeignete Sensoren zur Vegetationsfernerkundung. Mit Fragebögen wurde die Wirkung der Lernsettings auf das situationale Interesse, die wahrgenommene Authentizität und inhaltliche Relevanz, die physikbezogene Berufserwartung und auf spezifisches Fachwissen untersucht.

Unabhängig vom Lernort (Schülerlabor bzw. Schule) führte die Arbeit mit den High-End-Laborgeräten mit großer Effektstärke zu einer signifikant höheren Authentizitätswahrnehmung. Inhaltliche Relevanz wurde hingegen unabhängig von den Laborgeräten (High-End bzw. Low-Cost) im Schülerlabor stärker wahrgenommen als in der Schule. Der Unterschied war statistisch signifikant mit mittlerer Effektstärke. Für das situationale epistemische Interesse erwiesen sich beide Faktoren Lernort und Laborgeräte als statistisch bedeutsam. Diese Interessenskomponente, die unter anderem den Wunsch widerspiegelt mehr über ein Thema zu lernen, war in der Gruppe am größten, die im Schülerlabor mit High-End-Laborgeräten arbeiten konnte. Direkt nach der Intervention wurde unabhängig vom Lernort bei den Gruppen mit den High-End-Laborgeräten ein signifikanter Anstieg der physikbezogenen Berufserwartung beobachtet. Der Effekt war jedoch klein und nur bei der Gruppe im Schülerlabor auch nach 6-8 Wochen noch statistisch signifikant. In allen Treatmentgruppen konnte mit großer Effektstärke ein signifikanter Zuwachs an Fachwissen nachge-

wiesen werden, der auch nach 6-8 Wochen größtenteils noch erhalten blieb. Dieser Zuwachs war insgesamt betrachtet unabhängig vom Lernort und den Laborgeräten. Mit Blick auf in einfachen Kontexten anwendbares Fachwissen zeigten sich jedoch signifikante Unterschiede mit mittlerer Effektstärke zugunsten der Gruppen mit den weniger authentischen Low-Cost-Laborgeräten gegenüber der Schülerlaborgruppe mit den High-End-Laborgeräten.

Die Ergebnisse stützen die Behauptung, dass die besondere Authentizität des Lernsettings für den Erfolg von naturwissenschaftlichen Schülerlaboren eine wichtige Rolle spielt. Das situationale epistemische Interesse und die wahrgenommene inhaltliche Relevanz werden in engem Zusammenhang mit der Entwicklung eines langfristigen individuellen Interesses gesehen. Demnach ist eine Förderung dieser Variablen ein Hinweis auf eine besonders nachhaltige und längerfristige Wirkung, die offenbar in einem hochauthentischen Lernsettings eher zu erwarten ist, als in einem weniger authentischen. Auch die physikbezogene Berufserwartung, die bei Jugendlichen in Deutschland in der Regel eher vergleichsweise schwach ausgeprägt ist, kann durch ein hohes Maß an Authentizität insbesondere der eingesetzten Laborgeräte profitieren. Für den Lernzuwachs hingegen müssen einfachere Instrumente nicht unbedingt von Nachteil sein, sondern eignen sich mit Blick auf anwendbares Fachwissen unter Umständen sogar etwas besser. Die in der Studie verwendeten, neu entwickelten Low-Cost-Fernerkundungssensoren können problemlos auch in der Schule eingesetzt werden und ermöglichen so die Einbettung des Schülerlaborbesuchs in längerfristige Unterrichtsprojekte. Die Sensoren wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit mithilfe eines Feldspektrometers kalibriert und die Daten anschließend anhand von hochgenauen Satellitendaten validiert. Dabei wurde eine große und für Bildungszwecke vollkommen ausreichende Übereinstimmung nachgewiesen. Gemeinsam mit weiteren im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Tools zur Datenauswertung und Unterrichtsmaterialien in Form von Tutorials und Arbeitsheften machen sie erstmals die Fernerkundung von Vegetation anhand des Normalisierten Differenzierten Vegetationsindex (NDVI) mit Messungen im eigenen Umfeld im Physikunterricht möglich.

Abstract

Physics lessons should not only convey learning content in an understandable and well-structured way, but also motivate and arouse interest, create relevance through references to authentic contexts, initiate an adequate understanding of science and, last but not least, promote young scientists. Yet, a number of studies in recent years have shown, this does not always succeed in the desired way. Extracurricular science labs at universities and research institutions are intended to complement and enrich school lessons in this regard. These facilities have been shown to promote interest in and understanding of the natural sciences. In this context, authenticity that can be experienced there in a special way is often mentioned as an important characteristic that influences the success of these extracurricular learning locations. However, there is a need for research into which design aspects of authentic learning settings - especially extracurricular science labs - are beneficial for the stated goals.

The quasi-experimental intervention study described below had a 2x2-factorial pre-post-follow-up design with control group. The learning setting took place at different authentic learning locations using different authentic laboratory equipment. For this learning setting, a workshop on optical environmental remote sensing was developed and carried out with a total of 166 students in grade ten. An extracurricular science lab of the German Aerospace Center (DLR) was chosen as the authentic learning location, and the school of the students as less authentic. On the one hand, high-end laboratory equipment, which is generally only available to research institutions, was used at both locations. On the other hand - as a less authentic alternative - simplified, low-cost devices were used that are also available for schools. These were, in particular, newly developed sensors for remote sensing of vegetation that are suitable for teaching purposes. Using questionnaires, the effect of the learning settings on situational interest, perceived authenticity and content relevance, physics-related job expectations and specific specialist knowledge were examined.

Regardless of the place of learning (extracurricular science lab or school), working with the high-end laboratory devices with a large effect size led to a significantly higher perception of authenticity. In contrast, content relevance was perceived more strongly in the extracurricular science lab than in school, regardless of the laboratory equipment (high-end or low-cost). The difference was statistically significant with a medium effect size. For the situational epistemic interest, both factors of learning location and laboratory equipment proved to be statistically significant. This interest component, which among other things reflects the desire to learn more about a topic, was greatest in the group that was able to work with high-end laboratory equipment at the extracurricular science lab. After the intervention, regardless of the place of learning, a significant increase in physics-related job expectations could be observed in the groups with the high-end laboratory equipment. However, the effect was small. Only in the group at the extracurricular science lab did it remain statistically significant even after 6-8 weeks. In all treatment groups, a significant increase in specialist knowledge was demonstrated with a large effect size. This largely persisted even after 6-8 weeks. Overall, this increase was independent of the place of learning and the laboratory

equipment. With a view to subject knowledge which is applicable in simple contexts, however, significant differences with a medium effect size became apparent. This was stronger pronounced in the groups with the less authentic low-cost laboratory devices compared to the group at the extracurricular science lab with the high-end laboratory devices.

The results support the claim that the particular authenticity of the learning setting plays an important role in the success of extracurricular science labs. The situational epistemic interest and the perceived content relevance are seen in close connection with the development of a long-term individual interest. Accordingly, a promotion of these variables is an indication of a particularly sustainable and long-term effect, which is apparently more to be expected in a highly authentic learning setting than in a less authentic one. The physics-related job expectation, which is usually rather weak among German students, can also benefit from a high level of authenticity, especially the laboratory equipment used. In order to increase learning success, however, simpler instruments do not necessarily have to be a disadvantage, but can even represent an advantage in terms of the applicable specialist knowledge learned. The newly developed low-cost remote sensing sensors used in the study can also be used in schools without any problems. Therefore, the visit to the extracurricular science lab can be well embedded in long-term teaching projects. The sensors were calibrated with a field spectrometer and the data were then validated using highly accurate satellite data. The data are consistent with a high level of accuracy and suitable for the intended educational purpose. In the context of the present work, tools for data analysis and teaching materials in the form of tutorials and workbooks were developed, too. Together with the camera sensors for the first time they make remote sensing of vegetation according to the normalized difference vegetation index (NDVI) accessible in physics lessons in one's own environment.

0. Einleitung

Der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland steht immer wieder in der Kritik. Dabei sind die Ergebnisse im Bereich der naturwissenschaftlichen Kompetenzen in internationalen Studien wie PISA 2015 stabil auf einem im OECD-Vergleich überdurchschnittlichen, wenn auch nicht herausragenden Niveau (vgl. Schiepe-Tiska et al., 2016). Allerdings gehen diese Ergebnisse einher mit deutlich unterdurchschnittlichem Interesse und Freude an Naturwissenschaften und einem vergleichsweise schwach ausgeprägten Wunsch, später einmal einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen (vgl. Reiss et al., 2016 und Kapitel 3.4 dieser Arbeit). Das geringe Interesse deutscher Schüler¹ insbesondere am Unterricht in den Fächern Chemie und Physik ist seit längerem bekannt (vgl. Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017). Entsprechend vielfältig waren und sind die Bemühungen, das offenbar nicht besonders ansprechende Image der so genannten MINT-Fächer (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik) aufzubessern. Zu diesen Bemühungen können auch die in den vergangenen zwei Jahrzehnten in Deutschland in großer Zahl gegründeten, so genannten Schülerlabore gezählt werden (vgl. Ralle, 2020).

An diesen außerschulischen Lernorten, die insbesondere an Forschungseinrichtungen und Universitäten anzutreffen sind, sollen Schüler die Möglichkeit haben, Einblicke in die aktuelle Forschung hautnah zu erleben. Schülerlabore wollen in erster Linie das Interesse der Jugendlichen an und das Verständnis für Naturwissenschaften fördern und einen Beitrag zur Nachwuchssicherung leisten (Haupt et al., 2013). Um diese Ziele zu erreichen, setzen die Betreiber auf besonders authentische Lernsituationen an authentischen Lernorten oft mit Instrumenten und Laborgeräten aus der echten Forschung (Euler & Schüttler, 2020). Die Wirkung von Schülerlaborbesuchen wurde mittlerweile in einer ganzen Reihe von Arbeiten untersucht, welche ein im Wesentlichen positives Bild zeichnen (vgl. Pawek, 2019; Lewalter, 2020). Allerdings ist bislang zu wenig geklärt, welche Rolle dabei die Authentizität von Lernort und Laborgeräten spielt.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher explizit die Wirkung der Authentizität des Lernortes und der eingesetzten Laborgeräte auf das situationale Interesse sowie auf die Wahrnehmung von Authentizität und Relevanz untersucht. Zudem wurde erhoben, inwiefern sich die unterschiedlich authentischen Lernsettings auf die physikbezogene Berufserwartung sowie auf die Lernleistung im Kompetenzbereich Fachwissen auswirken. Im Zentrum stand dabei ein Workshop zu Aspekten der optischen Umweltfernerkundung. Dieser wurde an für das Thema unterschiedlich authentischen Lernorten mit unterschiedlich authentischen Laborgeräten durchgeführt. Als Lernorte dienten das DLR_School_Lab Oberpfaffenhofen, ein Schülerlabor des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR, vgl. Euler & Schüttler, 2020), als hochauthentischer Ort und die Schulen der Studienteilnehmer als wenig authentischer Lernort. Bei den authentischen Laborgeräten handelte es sich um High-End-Messinstrumente aus der wissenschaftlichen Forschung, wie sie seit vielen Jahren im

¹ In dieser Arbeit wird zugunsten der einfacheren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Dabei sind jedoch alle Geschlechter (m/w/d) gedanklich miteinbezogen.

Schülerlabor bei den Experimenten Infrarotmesstechnik und Umweltspektroskopie eingesetzt werden (vgl. Locherer, Hausamann & Schüttler, 2012). Als weniger authentische Alternative wurden vereinfachte, zum Teil selbst gebaute, kostengünstige und für Schulen verfügbare Instrumente entwickelt. Um die Qualität der vereinfachten Laborgeräte, sicherzustellen, wurden diese intensiv getestet und die Daten wissenschaftlich validiert (Schüttler, Girwidz & Zepp, 2017). Der Umgang mit den Geräten wurde ausführlich dokumentiert und online verfügbare, einfach zu bedienende Tools zur Datenauswertung bereitgestellt (vgl. www.sattec.org). Auf diese Weise ist es auch möglich, die Instrumente ohne größere Schwierigkeiten im regulären Unterricht einzusetzen.

Die folgende Arbeit setzt sich aus zwei Teilen zusammen.

Im ersten Teil wird der Forschungsgegenstand „Schülerlabor“ eingeführt und beleuchtet (vgl. Euler & Schüttler, 2020). Zudem wird zum Fachinhalt der Studie – der optischen Umweltfernerkundung – sowie zu den untersuchten Variablen situationales Interesse, wahrgenommene Authentizität und inhaltliche Relevanz hingeführt und Befunde zur beruflichen Orientierung von Jugendlichen im MINT-Bereich beschrieben. Anschließend wird eine quasiexperimentelle Feldstudie zur Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf diese Variablen und den Erwerb von spezifischem Fachwissen beim Besuch eines forschungsnahen klassischen Schülerlabors vorgestellt (vgl. Schüttler, Watzka, Girwidz & Ertl, 2021). Ziel der Studie war es, Wahrnehmungsunterschiede der Probanden, welche aus den unterschiedlich authentischen Lernsetting herrühren, zu identifizieren und auf diese Weise einen Beitrag zu einer aktuellen Frage der Wirkungsforschung von Schülerlaboren zu liefern. Zudem wurden unter anderem auch Zusammenhänge zwischen der Authentizität des Lernsettings, dem situationalen Interesse und der wahrgenommenen inhaltlichen Relevanz als aus theoretischer Sicht denkbarer Vermittlerin zwischen der Authentizitätswahrnehmung und dem situationalen Interesse mit Hilfe von Strukturgleichungsmodellen untersucht.

Im zweiten Teil der Arbeit wird der Aufbau und die Funktionsweise der im Rahmen dieser Studie eingesetzten und wissenschaftlich evaluierten NDVI-Kameras beschrieben. Diese Kameras, die als weniger authentische Laborgeräte zum Einsatz kamen, sollten dabei aber dennoch ansprechend und für den Zweck ausreichend präzise sein. Es handelt sich um modifizierte, kostengünstige Digitalkameras, welche als Sensoren zur Infrarotfernerkundung von Vegetation eingesetzt werden können (Schüttler, Maman & Girwidz, 2018). Um die Datenqualität zu kontrollieren und praxisrelevante Empfehlungen für den Messvorgang abzuleiten, wurden mit diesen preiswerten Sensoren zwei experimentelle Feldstudien durchgeführt. Durch Vergleich der Messdaten mit denen eines wissenschaftlichen Feldspektrometers konnte neben dem Nachweis des Funktionsprinzips eine Kalibrierung der kostengünstigen Instrumente erreicht werden (siehe auch Schüttler et al., 2017). Die Daten der so kalibrierten Sensoren wurden in der zweiten hier beschriebenen Feldstudie mit hochgenauen Satellitendaten verglichen und validiert. Die Feldstudien konnten zudem genutzt werden, um spezifische Schwächen der kostengünstigen Sensoren aufzudecken, welche bei

quantitativen Messungen berücksichtigt werden sollten. Anschließend an die Betrachtungen zur NDVI-Kamera werden Möglichkeiten beschrieben, wie die Technik in einem naturwissenschaftlichen Projektunterricht mit Schülerlaborbesuch eingesetzt werden kann. Ein entsprechendes Konzept wurde in einem internationalen Kooperationsprojekt mit deutschen und israelischen Jugendlichen erprobt (Schüttler, Maman & Girwidz, 2019). Aufbauend auf diesem Projekt und den darin gesammelten Erfahrungen sowie auf den Ergebnissen aus Teil 1 dieser Arbeit wird abschließend ein Vorschlag abgeleitet, wie ein Schülerlaborbesuch als zentraler Bestandteil eines naturwissenschaftlichen Projektes möglichst gewinnbringend genutzt werden kann.

Teil 1: Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf das situationale Interesse, die Wahrnehmung von Authentizität und inhaltlicher Relevanz, die physikbezogene Berufserwartung und das Fachwissen beim Besuch eines forschungsnahen Schülerlabors

ÜBERBLICK

Klassische Schülerlabore wie die DLR_School_Labs (vgl. www.dlr.de/schoollab) sind außerschulische Lernorte, an denen die Besucher durch eigenständiges Experimentieren an naturwissenschaftliche Methoden und Arbeitsweisen herangeführt werden und die in erster Linie Interesse an und Begeisterung für Naturwissenschaften fördern sollen. Sie sind zumeist an Forschungseinrichtungen wie Universitäten und Hochschulen zu finden und zeichnen sich durch eine möglichst große Authentizität der Lernumgebung aus, die oft durch Instrumente und Laborgeräte aus der echten Wissenschaft unterstrichen wird. Inwiefern ein solch authentischer Lernort im Verbund mit echten High-End-Laborgeräten sich sowohl auf die Wahrnehmung von Authentizität, inhaltlicher Relevanz sowie das situationale Interesse als auch auf die physikbezogene Berufserwartung sowie auf relevantes Fachwissen auswirkt, war Gegenstand der hier vorgestellten quasiexperimentellen Feldstudie.

Einleitend wird im Folgenden zum Forschungsgegenstand Schülerlabore hingeführt und für die vorliegende Arbeit relevante Erkenntnisse aus der Wirkungsforschung werden vorgestellt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf in klassischen Schülerlaboren gefundenen Ergebnissen zur Interesseförderung im Zusammenhang mit der wahrgenommenen Authentizität. Da das Interesse von Schülern stark von den behandelten Themen abhängt, wird anschließend der fachliche Inhalt der Studie – die optische Umweltfernerkundung – beschrieben. Dabei orientiert sich die Darstellung an den konkreten Lerninhalten der durchgeführten Workshops und ist daher auf die für diese Studie und die Schulphysik relevanten Aspekte beschränkt. Es folgen eine Vorstellung der auf der lernpsychologischen Seite für diese Studie wichtigen Konstrukte Interesse, Authentizität und inhaltliche Relevanz sowie Befunde zur beruflichen Orientierung von Jugendlichen im MINT-Bereich. Danach wird die durchgeführte Studie und deren zugrundeliegende Methodik beschrieben. An die Beschreibung der Methodik schließt sich die Präsentation der Studienergebnisse an, die wie folgt gegliedert wurde: Zuerst werden die Ergebnisse mit Blick auf die Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf das situationale Interesse sowie die wahrgenommene Authentizität und inhaltliche Relevanz dargestellt. Sodann werden die Ergebnisse zur physikbezogene Berufserwartung und danach die Ergebnisse des Fachwissenstests beschrieben. Zum Abschluss dieses ersten Teils der Arbeit werden die Ergebnisse in bestehende Forschung eingeordnet und diskutiert, sowie Grenzen der Studie besprochen.

1. Schülerlabore

1.1. Schülerlabore – Begriffsklärung

Schülerlabore sind außerschulische Lernorte, die ihren Besuchern Einblicke in (Natur-)Wissenschaften und aktuelle Forschungsthemen ermöglichen und dabei einen besonderen Schwerpunkt auf das eigenständige Experimentieren und Forschen setzen (Haupt et al., 2013; Euler & Schüttler 2020). Der Bundesverband der Schülerlabore LernortLabor zählt Anfang 2021 über 400 solche Einrichtungen in Deutschland, der deutschsprachigen Schweiz, in Österreich und in Südtirol (LernortLabor, 2021). Ein online und in Printform verfügbarer Schülerlaboratlas stellt die Labore vor und belegt die große Vielfalt an Themen und unterschiedlichen Herangehensweisen (Haupt et al., 2019).

Ihren Ursprung haben Schülerlabore laut Pawek (2019) in Initiativen von Wissenschaftlern und Forschungseinrichtungen, mit dem Ziel, die zum Teil unnahbar und abgehoben scheinende naturwissenschaftliche Forschung begreifbarer und erlebbarer zu machen. Eine einheitliche Definition des Begriffs „Schülerlabor“ gestaltet sich aufgrund der Vielfalt und der zum Teil großen Unterschiede schwierig. Engeln und Euler (2004) stellen daher die gemeinsamen Ziele von Schülerlaboren in den Vordergrund. Als solche werden genannt, die Förderung von Interesse und Aufgeschlossenheit für Naturwissenschaften und Technik, die selbstständige Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlich-technischen Inhalten und Zusammenhängen, die Vermittlung eines zeitgemäßen Bildes von Naturwissenschaften und Technik sowie die Gelegenheit, Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im naturwissenschaftlich-technischen Bereich kennen zu lernen (Engeln & Euler, 2004). Als weiteres Ziel nennen Aufschnaiter, Dudzinska, Hauenschild und Rode (2007) die gezielte Nachwuchsrekrutierung durch die Betreiber der Einrichtungen, in erster Linie Forschungseinrichtungen und Hochschulen. Priemer und Lewalter (2009) differenzieren diese Betrachtungen weiter aus und unterscheiden zwischen schülerbezogenen, lehrerbezogenen, forschungsbezogenen und institutionsbezogenen Zielen. Allerdings weisen sie auch darauf hin, dass die jeweilige Zielsetzung der Labore durch deren Außendarstellung nicht immer klar erkennbar ist (Priemer & Lewalter, 2009). Hausamann (2012) stellt insbesondere die Förderung von Talenten und Hochbegabten in den Vordergrund, mit dem Ziel, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern.

Eine sehr stark ausdifferenzierte Definition für Schülerlabore geben Haupt et al. (2013). Demnach zeichnen sich Schülerlabore durch bestimmte Merkmale und Ziele aus und können in Kategorien zusammengefasst werden. Allgemein gilt jedoch ihrer Ansicht nach: „Nur wenn die Schüler/innen eigenständig experimentieren und diese Arbeitsweise ein Schwerpunkt des außerschulischen MINT-Lernorts ist, kann man von einem Schülerlabor sprechen.“ (Haupt et al. 2013, S. 325). Des Weiteren nennen sie die Förderung von „Interesse an und [...] Verständnis für Natur- und Ingenieurwissenschaften“ sowie die „Nachwuchsförderung für MINT-Berufe und MINT-Studiengänge“ als Primärziele bzw. Leitbilder. Schülerlabore müssen zudem bestimmte technische und organisatorische Vorausset-