

ISO *Journal*

The Magazine of the International Society of Organbuilders

Aufgabeamt EUPHONIE pp9/730 – Viermonatlich – Summer 2024



The best way to buy Organ-Pipes

ORGUIAN

Georg Jann, Mestre-organeiro Lda.

Labial

Lingual

Special



PORTUGAL

RUA DA AGRA 95, PT 4770 - 826 AVIDOS - V.N.F

TEL.: +351 252 327 890 FAX.: +351 252 327 892

Email: Orguian@mail.telepac.pt

web: www.orguian.com

Technology in service of music



The swell shade redefined.
True musical crescendo.
Safe and easy power supply.



The only organ keyboard
contact system with 2-Point-Repetition
and MIDI-Velocity output.

The action system
you can program yourself.

The original intelligent slider magnet.
All of your stops will move
in perfect sync.
Always.



Truly modular action and capture systems with open vendor-independant network protocols.
So you stay in control of your instruments.

Visit our online store to find out more
shop.orgelpunkt.com



orgelpunkt.com
Technology in service of music





Jürgen Scriba

Ein Röntgenblick in die Orgel An X-ray view into the organ – Vision radiographique de l'orgue

**3D-Scans
und hochauflösende
Panoramafotografie
zur Dokumentation von
Kulturgut**

**3D scans
and high-resolution
panoramic photography
in the documentation of
cultural heritage**

**Scans 3D et
photographie panoramique
haute résolution
pour la documentation du
patrimoine culturel**

Als im März dieses Jahres ein gewaltiger Kran im Schneckentempo aus dem Hauptportal des Passauer Doms rollte, war die größte katholische Orgel der Welt in ihrer bisherigen Form verschwunden. Im August 2023 hatte mit dem Aufbau des schweren Geräts die Endphase der Demontage begonnen, in der bis auf die allergrößten sämtliche rund 17 000 Orgelpfeifen aus den drei Orgelgehäusen auf der Empore entnommen und samt Windladen und Bälgen abgeseilt wurden.

Das Herabschweben des tonnenschweren Hauptspieltischs setzte einen Schlussstrich unter die zahlreichen Umbauten und Erweiterungen über die Jahrzehnte seit dem ersten Steinmeyer-Größenrekord an dieser Stelle im Jahre 1928. Nur die Gerippe der Gehäuse blieben stehen.¹

Wenn alles nach Plan läuft, soll 2026 ein – erneut um einige Register gewachsener – orgeltechnischer Neubau im historischen Gehäuse erklingen.

Doch das verwinkelte Rieseninstrument, geprägt vom letzten Großumbau durch Orgelbau Eisenbarth (Passau, Deutschland) Anfang der 1980er Jahre, lebt digital weiter, denn 2021/2022 hatte ich die Gelegenheit, die Hauptorgel mit einer Kombination aus hochauflösenden Panoramafotografien und 3D-Scans millimetergenau zu dokumentieren. Dazu hatte ich im „Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen“ (IGP)² des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz erfolgreich Fördermittel für eine Machbarkeitsstudie beantragt. In deren Rahmen teste ich verschiedene Scanning-Verfahren und suche nach Möglichkeiten, 3D-Daten und Panoramafotografien so miteinander zu verknüpfen, dass eine umfassende Dokumentation entsteht, die sowohl technische Planungen unterstützt wie auch

In March this year, when a powerful crane rolled at a snail's pace out of the main entrance of Passau Cathedral, the largest Catholic organ in the world had disappeared in its current form. In August 2023, the assembly of the heavy machinery marked the start of the final stage of dismantling, during which all but the very largest of the approximately 17,000 organ pipes were removed from the three cases on the gallery and were lowered down along with all the soundboards and reservoirs.

The slow descent of the immense weight of the main console drew a line under the numerous rebuilds and enlargements carried out over the decades since the Steinmeyer first set the size record here in 1928. Only the framework of the case remained in position.¹

If all goes to plan, in 2026 a technological new organ – enlarged once more with a few additional stops – will sound in the historic case.

However, the huge labyrinthine instrument, shaped by the last big rebuild by Orgelbau Eisenbarth (Passau, Germany) at the beginning of the 1980s, lives again in digital form, since in 2021/2022 I had the opportunity to document the main organ in millimetre precision through a combination of high-resolution panoramic photography and 3D scans. For this I successfully applied to the Innovations Programme for Business Models and Pioneering Solutions (Innovationsprogramm für Geschäftsmodelle und Pionierlösungen, IGP)² of the Federal Ministry for Economy and Climate Protection for funding for a feasibility study. Within this framework I test different scanning techniques and look for possibilities to combine 3D data and panoramic photographs together to produce a compre-

Lorsqu'en mars de cette année, une énorme grue a quitté le portail principal de la cathédrale de Passau à une vitesse d'escargot, le plus grand orgue catholique du monde avait disparu dans sa forme actuelle. En août 2023, la phase finale du démontage avait commencé avec le montage du lourd engin, au cours duquel tous les tuyaux d'orgue, à l'exception des plus grands, avaient été démontés des trois buffets de la tribune et descendus ensemble avec les sommiers et les soufflets.

La descente de la console principale, qui pèse plusieurs tonnes, a mis un point final aux nombreuses transformations et extensions réalisées au cours des décennies depuis le premier record de taille de Steinmeyer à cet endroit en 1928. Seule l'ossature des buffets est restée debout.¹

Si tout se passe comme prévu, un nouvel orgue, avec quelques jeux supplémentaires, devrait résonner dans le buffet historique en 2026.

Mais l'instrument géant et tortueux, marqué par la dernière grande transformation par la Manufacture d'orgues Eisenbarth (Passau, Allemagne) au début des années 1980, continue à vivre numériquement car, en 2021/2022, j'ai eu l'occasion de documenter le grand orgue au millimètre près, en combinant des photographies panoramiques à haute résolution et des scans 3D. Pour ce faire, j'avais demandé avec succès des subventions pour une étude de faisabilité dans le cadre du « programme d'innovation pour les modèles commerciaux et les solutions pionnières » (IGP)² du ministère fédéral de l'Économie et de la Protection du climat. Dans le cadre de cette étude, je teste différents procédés de numérisation et je cherche des possibilités de relier entre elles des données 3D et des photographies panoramiques de manière à obtenir une documentation complète qui soutienne

¹ <https://www.bistum-passau.de/artikel/neue-orgelempore-nimmt-gestalt-an>, abgerufen am 19.04.2024.

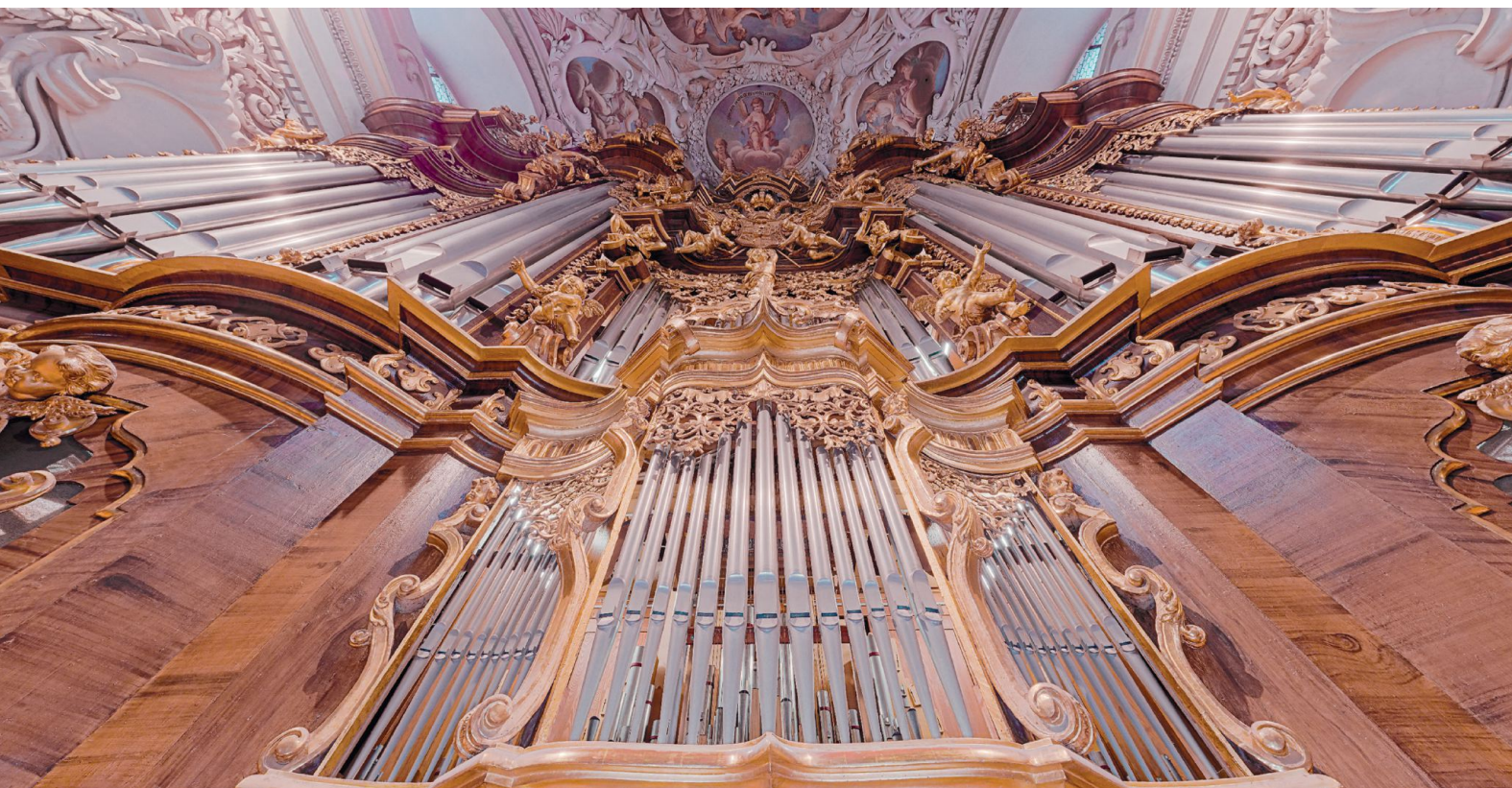
² <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Innovation/igp.html>, abgerufen am 19.04.2024.

¹ <https://www.bistum-passau.de/artikel/neue-orgelempore-nimmt-gestalt-an>, retrieved on 2024-04-19.

² <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Innovation/igp.html>, retrieved on 2024-04-19.

¹ <https://www.bistum-passau.de/artikel/neue-orgelempore-nimmt-gestalt-an>, consulté le 19.04.2024.

² <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Innovation/igp.html>, consulté le 19.04.2024.



1 Der historische Prospekt (1731) der Hauptorgel im Passauer Dom | The historic façade (1731) of the main organ in Passau Cathedral
Le buffet historique (1731) du grand orgue de la cathédrale de Passau

konservatorische Arbeiten an historischer Bausubstanz.

Die Orgel dient dabei als Modell für die wohl komplexesten Artefakte, die das Handwerk je hervorgebracht hat. Was hier funktioniert, sollte sich auch für die Dokumentation von anderen Arten von Kulturgut eignen.

Einen etablierten Standard für diesen ganzheitlichen Ansatz der Dokumentation gibt es bisher nicht. Scanner werden vor allem im Bauingenieurwesen eingesetzt. Dort spielt die Bildqualität eine untergeordnete Rolle und die vermessenen Baukörper haben wenig mit den verwinkelten Innenleben von Organen gemein. In der Denkmalpflege wiederum herrschen klassische Methoden der Foto-Dokumentation vor. Große Mengen von Einzelbildern werden zumeist händisch beschriftet und archiviert.

Orgelbauer kennen das Problem aus leidvoller Erfahrung: Nur wer mit der wissenschaftlichen Disziplin eines Archäologen vorgeht und seine Fotos und Skizzen nach einer Orgeleinsicht penibel zusammenstellt und ablegt, weiß auch nach Monaten oder Jahren noch, was er damit dokumentieren wollte. Im üb-

hensive documentation that supports technical design as well as conservation work on historic substance.

In the process, the organ serves as a model for the most complex artefacts that human skill has produced. If it works here, it should also be suitable for the documentation of other types of cultural heritage.

Up to now there has been no established standard for an integrated approach to documentation. Scanners are used mainly in structural engineering. There the picture quality plays a subordinate role, and the structures measured have little in common with the convoluted inner workings of organs. In the preservation of historical monuments, on the other hand, classic methods of photo documentation prevail. Large quantities of individual images are mostly labelled and archived by hand.

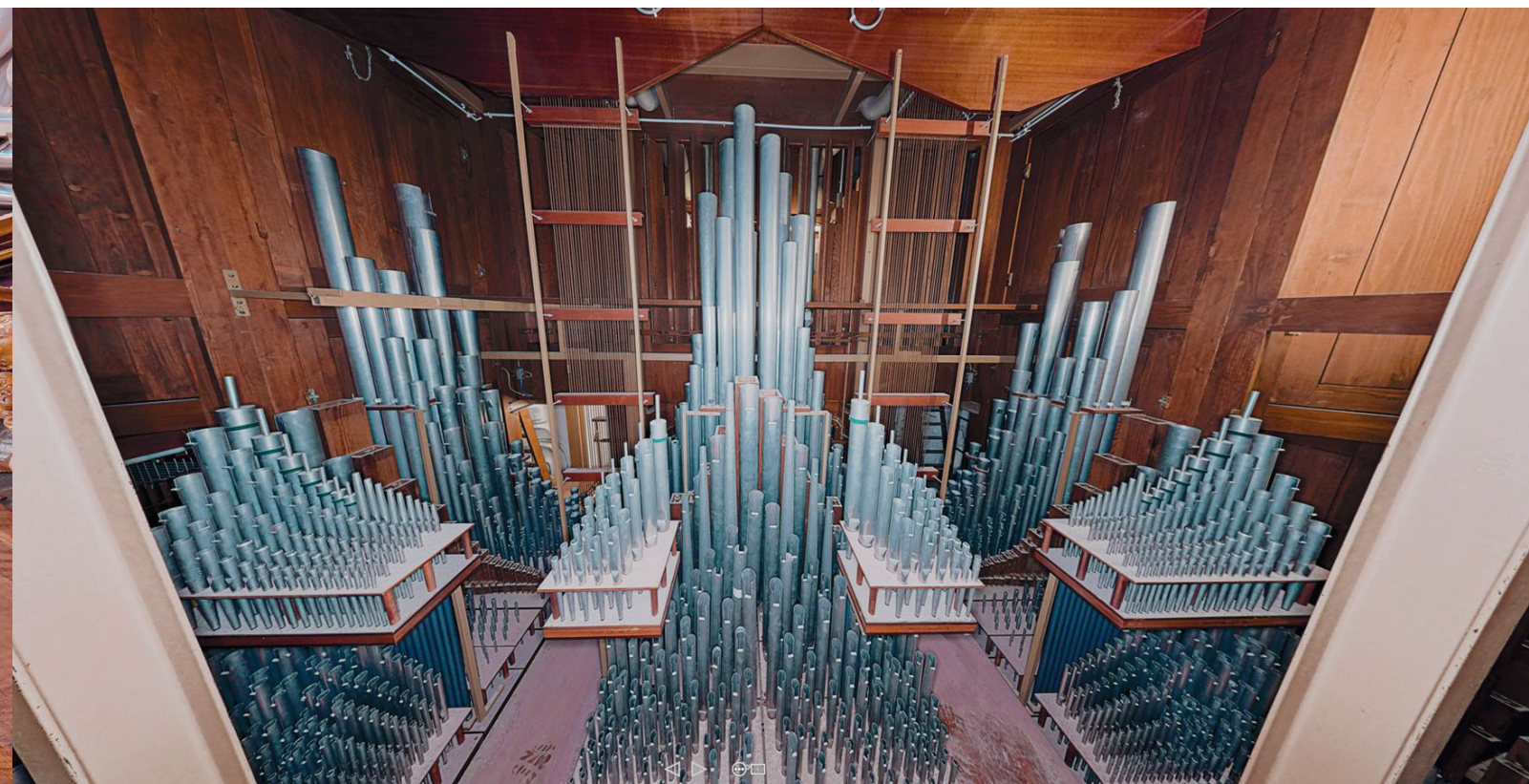
Organ builders recognise the problem from painful experience: only someone who proceeds with the scientific discipline of an archaeologist and meticulously catalogues and files his photos and drawings following an organ inspection, still understands some

aussi bien les planifications techniques que les travaux de conservation sur les bâtiments historiques.

L'orgue sert ici de modèle pour les artefacts les plus complexes que l'artisanat ait jamais produits. Ce qui fonctionne ici devrait également s'appliquer à la documentation d'autres types de biens culturels.

Il n'existe pas encore de norme établie pour cette approche globale de la documentation. Les scanners sont surtout utilisés dans le domaine de l'ingénierie civile. La qualité de l'image y joue un rôle secondaire et les corps de bâtiment mesurés n'ont pas grand-chose en commun avec les intérieurs tortueux des orgues. Dans le domaine de la conservation des monuments historiques, ce sont les méthodes classiques de documentation photographique qui prédominent. La plupart du temps, de grandes quantités de photos individuelles sont étiquetées et archivées à la main.

Les facteurs d'orgues connaissent le problème par expérience douloureuse : seuls ceux qui procèdent avec la discipline scientifique d'un archéologue et qui rassemblent et classent méticuleusement leurs photos et leurs esquisses après avoir vu un orgue savent encore, même après



2 Panoramabild (Ausschnitt) der dichten Pfeifenanstellung in der alten Orgel | Panoramic image (detail) of the dense pipe layout in the old organ | Vue panoramique (détail) de la tuyauterie dense de l'ancien orgue

lichen Arbeitsalltag jedoch findet man oft mäßig scharfe Fotos mit kryptischen Dateinamen in Form eines chaotischen Haufens auf seinem Handy, in dem man das entscheidende Detail häufig doch nicht findet – zumal man beim Kriechen durch die Orgel noch nicht wusste, dass man dieses demnächst würde wissen wollen.

Ein weiteres Problem sollte die Machbarkeitsstudie untersuchen: Eine digitale Dokumentation erzeugt im Handumdrehen enorme Datenmengen. Schon übliche Handy-Bilder schlagen mit einigen Megabyte zu Buche. Eine ganze Fotosammlung lässt sich nicht mehr per E-Mail versenden. 3D-Daten erfordern neben entsprechenden Kapazitäten zur Datenübertragung und -speicherung auch noch spezielle Software bei allen Kooperationspartnern, die üblicherweise nicht nur teuer ist, sondern auch noch besondere Anforderungen an die PC-Ausstattung stellt. Idealerweise sollte so eine Dokumentation daher mit einem gängigen Internetbrowser zugänglich sein und dauerhaft in der Cloud archiviert werden.

months or years later what it was he was wanting to document. In normal working life, however, one often finds questionably focussed photos with cryptic file names in a chaotic muddle on one's mobile, amongst which one often fails to find the crucial detail - particularly since when crawling through the organ one did not yet realise that that detail would be just what one would soon need.

The feasibility study would explore a further problem: digital documentation generates enormous quantities of data in an instant. Even standard mobile photos require several megabytes. It is no longer possible to send a full photo collection by email. 3D data, alongside the appropriate capacity for data transmission and storage, require all involved to have special software that typically is not only expensive, but also entails particular requirements as to PC configuration. Ideally such documentation should therefore be accessible with a conventional Internet browser and be permanently filed in the Cloud.

des mois ou des années, ce qu'ils voulaient documenter. Mais dans le travail quotidien, on trouve souvent des photos moyennement nettes avec des noms de fichiers cryptiques sous la forme d'un tas chaotique sur son téléphone portable, dans lequel on ne trouve souvent pas le détail crucial, d'autant plus que l'on ne savait pas encore, en rampant dans l'orgue, que l'on voudrait le connaître prochainement.

L'étude de faisabilité devait également examiner un autre problème ; une documentation numérique génère en un clin d'œil une énorme quantité de données. Même les photos les plus courantes prises avec un téléphone portable pèsent plusieurs mégaoctets. Une collection complète de photos ne peut plus être envoyée par courriel. Les données 3D nécessitent non seulement des capacités de transfert et de stockage de données, mais aussi des logiciels spéciaux chez tous les partenaires de coopération, qui sont généralement non seulement coûteux, mais qui posent également des exigences particulières en matière d'équipement informatique. Idéalement, une telle documentation devrait donc être accessible via un navigateur Internet courant et archivée durablement dans le cloud.



3 Inzwischen Vergangenheit: Großzügige PVC-Rohre bildeten das Rückgrat der Windversorgung | Now a thing of the past: large PVC pipes formed the backbone of the wind supply system | Désormais du passé : de généreux tuyaux en PVC constituaient l'épine dorsale de la souffleriet

Mit Panoramafotografie hatte ich schon einige Erfahrung. Auch wenn sich das im Prinzip mit fast jeder Kamera machen lässt, kommt für ein effizientes Arbeiten ohne Fehlversuche nur eine professionelle motorisch gesteuerte Kamera infrage. Meine nimmt in rund fünf Minuten neben unterschiedlichen Blickwinkeln auch unterschiedliche Belichtungsstufen der Szene auf. Anders sind die schlechten Lichtverhältnisse in der Orgel nicht zu beherrschen.

Aus je 406 Fotos von jedem Standort werden weitgehend automatisch 360°-Panoramen mit 500 Millionen Pixeln zusammengerechnet. Diese Auflösung hat sich für die Arbeit an Orgeln als ideal herausgestellt. In die Bilder lässt sich später bis auf Details in Millimetergröße hineinzoomen, so dass Beschriftungen auf Pfeifen und Spieltischschaltern lesbar bleiben.

Einige Experimente waren nötig, um die Kameraeinstellungen für den Einsatz in der schummrig beleuchteten Enge der Orgelwelt anzupassen. Auch nach der automatischen Verrechnung der Rohbilder bedarf es noch weiterer manueller Nachbearbeitung, denn rund um die

I already had some experience with panoramic photography. Even though in principle this can be done with almost any camera, for efficient failure-free working the only solution is a professional motor-controlled camera. Mine takes about five minutes to record the scene not only with different viewing angles but also different exposure levels. This is the only way of dealing with the difficult lighting conditions in the organ.

A 360° panorama with 500 million pixels is generated largely automatically out of 406 photos from each position. This solution has proved to be ideal for work on organs. It is possible to zoom in later on millimetre-sized details so that markings on pipes and console controls remain legible.

Some experimentation was necessary to adapt the camera set-up for use in the dimly-lit confines of the organ world. Even after the automatic generating of the raw image, further manual post-processing is required, since within the organ there is usually

J'ai déjà une certaine expérience de la photographie panoramique. Même s'il est en principe possible de le faire avec presque n'importe quel appareil photo, seul un modèle professionnel à commande motorisée est envisageable pour travailler efficacement sans faire d'erreurs. La mienne enregistre en cinq minutes environ, outre les différents angles de vue, les différents niveaux d'exposition de la scène. Il n'y a pas d'autre moyen de maîtriser les mauvaises conditions de lumière dans l'orgue.

Des panoramas à 360° de 500 millions de pixels sont calculés automatiquement à partir de 406 photos de chaque site. Cette résolution s'est avérée idéale pour le travail sur les orgues. Il est possible de zoomer ultérieurement sur les images jusqu'à des détails de l'ordre du millimètre, de sorte que les inscriptions sur les tuyaux et les interrupteurs de la console restent lisibles.

Quelques expériences ont été nécessaires pour adapter les réglages de l'appareil photo à l'éclairage tamisé et l'étroitesse de l'orgue. Même après le traitement automatique des images brutes, il faut encore procéder à des retouches manuelles, car les orgues sont généralement entourés d'un



4 Kalibrations-Ziele für die Ausrichtung der zahlreichen Scans | Calibration targets for the alignment of the numerous scans
Cibles de calibration pour l'alignement des nombreux scans

Orgeln herrscht üblicherweise ein unkontrollierbarer Licht-Mix aus einfallendem Tageslicht durch bunte Kirchenfenster und elektrischen Leuchten diverser Bauformen und Alterungszustände. Die Software des Herstellers, die für Anwendungen in üblichen Gebäuden und im Freien ausgelegt ist, produziert unter diesen Bedingungen oft surreale Farbstiche und merkwürdige Kontraste. Diesen Workflow habe ich seit dem Passau-Projekt noch weiterentwickelt und fotografiere nun zusätzliche Farbreferenztafeln mit, wie man das von der Kunstreproduktion kennt.

Bei den 3D-Scannern ist schon die Auswahl des richtigen Geräts nicht trivial. So gibt es zwar inzwischen schon Smartphones mit eingebauten Lidar-Sensoren, die mit Laserstrahlen Lichtmuster projizieren und auf einige Meter Entfernung Räume und Gegenstände digitalisieren. Diverse Apps erstellen so Grundrisse von Wohnungen oder digitale Modelle von Möbeln. In der Immobilienbranche sind Kombinationen von Kameras und Scannern en vogue, mit denen Makler auf speziellen Plattformen durch KI-Unterstützung mit wenig Aufwand virtuelle Hausrundgänge

an uncontrollable light-mix of incident daylight through stained glass church windows and electric lights of varying types and condition. The manufacturer's software, which is designed for use in regular buildings and outdoors, often produces surreal colour casts and strange contrasts in these conditions. Since the Passau project, I have further developed this workflow and now photograph additional colour reference charts alongside, as one is accustomed to seeing in art reproduction.

With 3D scanning, the choice of the correct equipment is not trivial. In fact we already have smartphones with inbuilt LIDAR sensors, which project light patterns with laser beams and digitalise spaces and objects from a few metres distance. Various apps can thus generate floor-plans of apartments or digital models of furniture. In the real estate sector, combinations of cameras and scanners are in vogue, with which estate agents using AI can with little effort produce virtual house tours and

mélange incontrôlable de lumière du jour provenant de vitraux colorés et de lampes électriques de formes et d'états de vieillissement divers. Dans ces conditions, le logiciel du fabricant, conçu pour une utilisation dans des bâtiments courants et à l'extérieur, produit souvent des couleurs surréalistes et des contrastes étranges. Depuis le projet de Passau, j'ai encore développé ce flux de travail et je photographie désormais des panneaux de référence de couleurs supplémentaires, comme on le fait pour la reproduction d'œuvres d'art.

En ce qui concerne les scanners 3D, déjà le choix du bon appareil n'est pas trivial. Il existe certes déjà des smartphones équipés de capteurs lidar intégrés qui projettent des motifs lumineux à l'aide de rayons laser et numérisent des pièces et des objets à quelques mètres de distance. Diverses applications créent ainsi des plans d'appartements ou des modèles numériques de meubles. Dans le secteur de l'immobilier, les combinaisons de caméras et de scanners sont en vogue, permettant aux agents immobiliers de créer à peu de frais des visites virtuelles de maisons et des



5 Längsschnitt durch den vermessenen Dom samt Hauptorgel auf der Empore | Longitudinal section through the measured cathedral including the main organ in the gallery | Coupe longitudinale de la cathédrale mesurée avec le grand orgue sur la tribune



6 Die 3D-Punktwolke zeigt auch Details im Innern der Orgel | The 3D point cloud also shows details inside the organ | Le nuage de points 3D montre également des détails à l'intérieur de l'orgue

und Grundrisse erstellen können.³ Für Details im Orgelbau sind derzeit jedoch weder die Bildqualität der Panoramafotos ausreichend noch die Messgenauigkeit im Bereich von Zentimetern.

Mobile Scanner arbeiten nach dem sogenannten SLAM-Verfahren (Simultaneous Localisation and Mapping) und erlauben es, den Scanner kontinuierlich zu bewegen und gleichzeitig den Raum zu kartieren. Die Ungenauigkeit aktueller Handgeräte⁴ liegt jedoch derzeit noch im Bereich von mehreren Zentimetern, und mit rucksackähnlichen Apparaturen⁵ kann man zwar Baustellen abschreiten, sich aber nicht im Innern von Orgeln bewegen. So blieb nur ein stationärer Scanner, der ähnlich wie die Panorama-Kamera ausgehend von jeweils einem Punkt die Szene aufnimmt. Um die Passauer Orgel mit

floor-plans.³ However, at present the picture quality of the panoramic photos is not sufficient for organ building details, nor is the measurement accuracy within the centimetre range.

Mobile scanners function according to the so-called SLAM process (Simultaneous Localisation and Mapping) and make it possible to move the scanner continuously and at the same time to map out the space. The imprecision of current handheld units⁴ still lies in the range of several centimetres; with rucksack-type equipment⁵ one can pace out a building site but not move around the inside of an organ. So this left only a stationary scanner, which like the panoramic camera records the scene from a single point each time. To capture the Passau

plans grâce à l'assistance de l'IA sur des plates-formes spéciales.³ Cependant, pour les détails de la facture d'orgue, ni la qualité d'image des photos panoramiques ni la précision de mesure de l'ordre du centimètre ne sont actuellement suffisantes.

Les scanners mobiles fonctionnent selon la méthode dite SLAM (Simultaneous Localisation and Mapping) et permettent de déplacer le scanner en continu tout en cartographiant l'espace. L'imprécision des appareils portables actuels⁴ est toutefois encore de l'ordre de plusieurs centimètres à l'heure actuelle, et les appareils ressemblant à des sacs⁵ à dos permettent certes de parcourir des chantiers, mais pas de se déplacer à l'intérieur des orgues. Il ne restait donc plus qu'un scanner fixe qui, à l'instar de la caméra panoramique, enregistre la scène à partir d'un point donné. Pour saisir

ihren sechs Bauebenen zu erfassen, waren dadurch über 200 Scans nötig.

Auch wenn die Leistungsdaten von Scannern verschiedener Hersteller im Datenblatt sehr ähnlich sind: Nicht jedes Gerät eignet sich für die exotischen Verhältnisse im Innern von Orgeln. Hier trifft der Laserstrahl mal auf dunkelbraun gebeiztes Holz, mal wird er von hochglanzpolierten Orgelpfeifen reflektiert. Mit diesen Kontrasten konnte besonders gut ein Gerät umgehen, das anscheinend gleichzeitig mit unterschiedlichen Laserwellenlängen misst.

Eine weitere Herausforderung, die sich in einer Orgel anders als auf einer Baustelle bietet, ist die sogenannte Registrierung der verschiedenen Scans. Damit zum Schluss eine Gesamt-Punktwolke der 3D-Daten entsteht, müssen die Messungen von unterschiedlichen Standpunkten exakt aufeinander ausgerichtet werden. Im klassischen Vermessungswesen funktioniert das mit Zielmarken, die im Raum verteilt sind und auf mehreren Scans auftauchen. In üblichen Baukörpern funktioniert das weitge-

organ with its six levels, more than 200 scans were therefore necessary.

Even if the technical data of the scanners from different manufacturers look very similar on the specification sheet, not every device is suitable for the exotic conditions found inside organs. Here the laser beam hits dark brown stained wood one minute; the next it is reflected by high-gloss polished organ pipes. A device that apparently measures simultaneously with different laser wavelengths could work around these contrasts particularly well.

A further challenge that arises in an organ differently from on a building site is the so-called registering of the different scans. To end up with a complete point cloud of the 3D data, the measurements from different standpoints must be exactly aligned with each other. Classic surveying techniques use target marks that are distributed around the space and appear in multiple scans. In normal building structures, that works

l'orgue de Passau avec ses six niveaux de construction, plus de 200 scans ont ainsi été nécessaires.

Même si les performances des scanners de différents fabricants sont très similaires sur la fiche technique ; tous les appareils ne sont pas adaptés aux conditions exotiques qui règnent à l'intérieur des orgues. Ici, le rayon laser rencontre tantôt du bois teinté brun foncé, tantôt il est réfléchi par des tuyaux d'orgue polis et brillants. Un appareil qui semble mesurer simultanément avec différentes longueurs d'onde laser a particulièrement bien su gérer ces contrastes.

Un autre défi, qui se présente différemment dans un orgue que sur un chantier, est le recalage des différents scans. Pour obtenir un nuage de points global des données 3D, les mesures doivent être alignées avec précision à partir de différents points de vue. Dans la topographie classique, cela fonctionne avec des points de repère répartis dans l'espace et apparaissant sur plusieurs scans. Dans les bâtiments courants, cela fonctionne en grande partie de ma-

3 <https://matterport.com/de>, abgerufen am 19.04.2024.

4 <https://geoslam.com/solutions/zeb-go/> abgerufen am 19.04.2024.

5 <https://de.navvis.com/vlx-3>, abgerufen am 19.04.2024.

3 <https://matterport.com/de>, retrieved on 19/04/2024.

4 <https://geoslam.com/solutions/zeb-go/> retrieved on 19/04/2024.

5 <https://de.navvis.com/vlx-3>, retrieved on 19/04/2024.

3 <https://matterport.com/de>, consulté le 19.04.2024.

4 <https://geoslam.com/solutions/zeb-go/> consulté le 19.04.2024.

5 <https://de.navvis.com/vlx-3>, consulté le 19.04.2024.



7 Panorama-Fotografie am Hauptspieltisch | Panorama photography at the main console
Photographie panoramique à la console principale

hend halbautomatisch. Selbst in einer relativ geräumigen Orgel wie der in Passau ist es aber fast unmöglich, Durchblicke zu finden, die von unterschiedlichen Standorten freie Sicht auf mehrere Marken erlauben.

Eine relativ junge Generation von Scannern benutzt neben Trägheitssensoren und Kompass zusätzliche Kameras, mit denen sich das Gerät im Standby-Modus beim Transport von einem Scan zum nächsten in der Umgebung orientiert und so schon beim Scan sehr genau weiß, wo es sich relativ zu vorherigen Position befindet. Damit das auch im Labyrinth der Orgel klappt, war einiges an Erfahrung bei der Planung der Scan-Standorte nötig, und ich musste einen gewissen Nervenkitzel ertragen, wenn ich das gemietete Präzisionsgerät im Wert von über 60 000 Euro meinen selbstgebaute Halterungen anvertraute, um es zum Beispiel im Durchstieg von einer Orgelebene zur nächsten an Leitern zu befestigen, weil nur an dieser Stelle eine Bezugsmessung von einem Stockwerk zum nächsten möglich war. (Abb. 8)

Die Corona-Pandemie 2021/2022 entpuppte sich als Glücksfall für das Projekt. Denn normalerweise ist die Orgel fast rund um die Uhr beansprucht

in a mostly semi-automatic fashion. However, even in a relatively spacious organ like the one in Passau, it is almost impossible to find perspectives that permit an unobstructed view of multiple markers from different positions.

A relatively young generation of scanners use additional cameras alongside inertial sensors and compass, so that in standby mode during transport from one scan to the next the device can orient itself in its surroundings and thus already has a very good idea of where it is for the scan relative to its previous position. For this also to work in the maze of the organ, some expertise in planning the scan positions is required, and I endured some nail-biting moments when I entrusted the rented precision instrument worth over 60,000 Euros to my home-made mountings in order to fasten it, for example, to ladders between the organ levels, since that was the only possible place to take a reference measurement from one floor to the next. (Fig. 8)

The Corona pandemic 2021/2022 turned out to be a stroke of luck for the project. Normally the organ is in use al-

nière semi-automatique. Mais même dans un orgue relativement spacieux comme celui de Passau, il est presque impossible de trouver des ouvertures qui permettent de voir librement plusieurs repères depuis différents endroits.

Une génération relativement récente de scanners utilise, en plus des capteurs inertiels et de la boussole, des caméras supplémentaires grâce auxquelles l'appareil s'oriente dans l'environnement en mode veille lors du transport d'un scan à l'autre et sait ainsi très précisément, dès le scan, où il se trouve par rapport à sa position précédente. Pour que cela fonctionne également dans le labyrinthe de l'orgue, il a fallu une certaine expérience pour planifier les emplacements de scan, et j'ai dû supporter un certain frisson lorsque j'ai confié l'appareil de précision loué pour une valeur de plus de 60 000 euros à mes propres supports pour le fixer, par exemple, à des échelles dans le passage d'un niveau de l'orgue à l'autre, car c'est le seul endroit où une mesure de référence d'un étage à l'autre était possible. (Ill. 8)

La pandémie de Corona 2021/2022 s'est avérée être une aubaine pour le projet. En effet, l'orgue est normalement sollici-



8 „Tentakel-Scanner“: 3D-Scanner, montiert auf der selbst gebauten Halterung | „Tentacle scanner“: 3D scanner, mounted on the self-built holder | « Scanner à tentacules » : scanner 3D monté sur le support qu'il a lui-même fabriqué

mit Proben, Tonaufnahmen und ausgebuchten Konzerten für Touristen. Dank der Quarantänebestimmungen konnte ich bei mehreren Besuchen in Summe fast zwei Wochen im Instrument verbringen und die verschiedenen Geräte und Methoden erproben.

Für den finalen Datensatz wurden schließlich 218 Laserscans zu einer 3D-Punktwolke von rund acht Milliarden Koordinaten zusammengerechnet. Das Gesamtmodell hat eine statistische Genauigkeit von 2–4 mm. Dazu entstanden aus etwa 20 000 Fotos 51 Panorama-Ansichten.

Um diese Datenmengen in sinnvollen Arbeitszeiten zu verdauen, musste ich mir einen maßgeschneiderten PC zulegen mit extrem schnellen Speichermedien und einer Highend-Grafikkarte, die im Boom des heimischen Cryptogeld-Schürfens schwer zu bekommen war. Umso wichtiger war es, das Endergebnis so aufzubereiten, dass es für jedermann zugänglich ist.

Aus den Panoramabildern erstellte ich eine Website mit einem virtuellen Rundgang durch die Orgel, angefangen vom Emporen-Zugang bis hinauf ins Schwellwerk auf dem Dach der Orgel in 16 Metern Höhe. Diese

most around the clock for rehearsals, recordings and sold-out concerts for tourists. Thanks to quarantine regulations I was able to spend a total of almost two weeks in the instrument spread over several visits to try out the different equipment and methods.

The final data set ended up with 218 laser scans being added to create a 3D point cloud of around eight billion coordinates. The complete model has a statistical accuracy of 2–4mm. From around 20,000 photos a total of 51 panoramic views were synthesised.

In order to digest this amount of data in a sensible work schedule, I had to add extremely fast storage media and a high-end graphics card to a customised PC, which was hard to come by during the domestic crypto-mining boom. So it was all the more important to process the end result so that it would be accessible for all.

From the panoramic images, I created a website with a virtual tour of the organ, from the gallery-level

té presque 24 heures sur 24 avec des répétitions, des enregistrements sonores et des concerts complets pour les touristes. Grâce aux dispositions de la quarantaine, j'ai pu passer près de deux semaines en tout dans l'instrument lors de plusieurs visites et tester les différents appareils et méthodes.

Pour le jeu de données final, 218 scans laser ont finalement été combinés en un nuage de points 3D d'environ huit milliards de coordonnées. Le modèle global a une précision statistique de 2 à 4 mm. De plus, 51 vues panoramiques ont été créées à partir d'environ 20 000 photos.

Pour pouvoir digérer cette quantité de données dans des délais raisonnables, j'ai dû me procurer un PC sur mesure avec des supports de stockage extrêmement rapides et une carte graphique haut de gamme, ce qui était difficile à obtenir dans le contexte de l'explosion de l'extraction de cryptomonnaie à domicile. Il était donc d'autant plus important de préparer le résultat final de manière à ce qu'il soit accessible à tous.

À partir des images panoramiques, j'ai créé un site web proposant une visite virtuelle de l'orgue, depuis l'accès à la tribune jusqu'au sommet situé sur le toit de l'orgue,

Website lässt sich von jedem Endgerät per Webbrowser durchstreifen.⁶

Mit der französischen Plattform Cintoo⁷ fand ich eine Möglichkeit, 3D-Daten und Panoramabilder in einem ganzheitlichen „digitalen Zwilling“ zu vereinen. Der Besuch der Website erfordert einen stationären PC mit halbwegs aktueller Grafik-Hardware, eine stabile Internetverbindung und den Chrome- oder Firefox-Browser.

Mit dieser Standard-Büroausstattung eröffnet die Plattform den NutzerInnen vielfältige Möglichkeiten, die über die klassischen CAD-Anwendungen hinausgehen. Der Datensatz lässt sich in verschiedenen Modi navigieren: An Scanner-Standorten werden zunächst Panoramabilder des Scanners sichtbar. Diese sind von deutlich geringerer Qualität als die Ansichten der speziellen Panoramakamera, aber in vielen Fällen ausreichend. Weil die Bilder mit 3D-Daten verknüpft sind, kann man mit Messwerkzeugen in den Bildern Abstände zwischen beliebigen Punkten messen, sowie Höhen oder Abstände zwischen Flächen bestimmen. Im virtuellen 3D-Raum sind auch die separat aufgenommenen Präzisions-Panoramen in Handarbeit verortet, mit denen sich per Mausklick in fotografische Details hineinzoomen lässt.

Im 3D-Modus kann man sich frei in der etwas grobkörnigen Punktwolke bewegen und die Welt auch aus Perspektiven betrachten, in die man zu Fuß nicht gelangen könnte. Eine „Röntgenansicht“ ermöglicht den Blick durch das halbtransparente Geschehen. Schieberegler erlauben es, die virtuelle Orgel entlang der Hauptebenen an beliebigen Stellen zu durchschneiden. Da ich auch noch einige Scans im Kirchenraum und auf dem Domplatz anfertigen konnte, zeigt die Punktwolke in entsprechenden Schnitten nun auch, wie sich das mehrstöckige Orgelgehäuse hinter die Domfassade schmiegt und bis ins Deckengewölbe der Kirche streckt.

⁶ <https://passau-p.orgelpunkt.com>, abgerufen am 19.04.2024.

⁷ <https://cintoo.com/>, abgerufen am 19.04.2024.

entrance right up to the Swell department on the roof of the 16-metre-high organ. This website can be explored on any device with a web browser.⁶

With the French platform Cintoo⁷, I discovered the possibility of linking 3D data and panoramic photos in an integrated “digital twin”. Visiting the website requires a computer with reasonably up-to-date graphics hardware, a stable internet connection and Chrome or Firefox browser.

With this standard office setup the platform opens up varied possibilities to the user, going beyond the classic CAD applications. The data set can be navigated in various modes: at the scanner locations, the panoramic images from the scanner are initially visible. These are of clearly lower quality than the views from the specialised panoramic camera, but in many cases sufficient. Because the images are linked with 3D data, one can measure distances between any points using measuring tools, as well as determine heights or distances between surfaces. The separately-taken precision panoramas are also placed manually in the virtual 3D space, allowing photographic details to be zoomed in on with a click of the mouse.

In 3D mode one can move freely in the somewhat coarse-grained point cloud and view the world also from perspectives that one could not reach on foot. An “X-ray view” allows a view through the half-transparent scene. Slide controls permit the virtual organ to be intersected at chosen points along the main axes. Since I was also able to produce some scans in the church interior and the Cathedral square, the point cloud shows in relevant shots how the multiple level organ case nestles behind the Cathedral façade and reaches up into the roof arches.

With the relevant know-how, digital twins can thus be applied not only in

⁶ <https://passau-p.orgelpunkt.com>, retrieved on 19/04/2024.

⁷ <https://cintoo.com/>, retrieved on 19/04/2024.

à 16 mètres de hauteur. Ce site peut être parcouru à partir de n’importe quel terminal via un navigateur web.⁶

Avec la plateforme française Cintoo⁷, j’ai trouvé une possibilité de réunir des données 3D et des images panoramiques en un « jumeau numérique » intégral. La visite du site nécessite un PC fixe avec un matériel graphique à peu près récent, une connexion Internet stable et le navigateur Chrome ou Firefox.

Avec cet équipement de bureau standard, la plate-forme ouvre aux utilisateurs de multiples possibilités qui vont au-delà des applications de CAD classiques. Le jeu de données peut être navigué dans différents modes ; des images panoramiques du scanner sont d’abord visibles à l’endroit où se trouve le scanner. Elles sont d’une qualité nettement inférieure à celle des vues de la caméra panoramique spéciale, mais suffisent dans de nombreux cas. Comme les images sont associées à des données 3D, il est possible de mesurer les distances entre n’importe quels points et de déterminer les hauteurs ou les distances entre les surfaces à l’aide d’outils de mesure. Les panoramas de précision, pris séparément à la main, sont également situés dans l’espace virtuel 3D et permettent de zoomer sur les détails photographiques d’un simple clic de souris.

En mode 3D, on peut se déplacer librement dans le nuage de points un peu grossier et observer le monde sous des angles auxquels on ne pourrait pas accéder à pied. Une « vue radiographique » permet de voir ce qui se passe à travers une semi-transparence. Des curseurs permettent de couper l’orgue virtuel à n’importe quel endroit le long des plans principaux. Comme j’ai également pu effectuer quelques scans dans l’église et sur la place de la cathédrale, le nuage de points montre maintenant aussi, dans des coupes correspondantes, comment le buffet d’orgue à plusieurs étages se blottit derrière la façade de la cathédrale et s’étend jusqu’à la voûte du plafond de l’église.

Avec le savoir-faire correspondant, les jumeaux numériques peuvent donc

⁶ <https://passau-p.orgelpunkt.com>, consulté le 19.04.2024.

⁷ <https://cintoo.com/>, consulté le 19.04.2024.

Mit dem entsprechenden Knowhow lassen sich digitale Zwillinge also nicht nur in der Bauindustrie einsetzen, sondern auch für die umfassende Dokumentation von Orgeln, in der Denkmalpflege und der Erhaltung von Kulturgut nutzen. Ein Mammutinstrument wie die Passauer Domorgel ist sicher ein extremer Anwendungsfall, zeigt aber die Möglichkeiten und hat als Nebeneffekt einen Meilenstein des Orgelbaus als Datenschatz verewigt. Bestimmt gibt es weitere Orgeln und andere Baudenkmäler, die das verdient hätten.

the building industry, but also for comprehensive documentation of organs, in historical monuments preservation and the conservation of cultural heritage. A mammoth instrument like the Passau Cathedral organ is certainly an extreme application, but demonstrates the possibilities and as a side-effect has immortalised a milestone of organbuilding in a data trove. There are certainly other organs and historical monuments which would deserve similar treatment.

Translation: Laura Johnson

être utilisés non seulement dans l’industrie de la construction, mais aussi pour la documentation complète des orgues, dans la conservation des monuments historiques et la préservation du patrimoine culturel. Une construction gigantesque comme l’orgue de la cathédrale de Passau est certainement un cas d’application extrême, mais elle montre les possibilités et a pour effet secondaire d’immortaliser un jalon de la facture d’orgues en tant que trésor de données. Il y a certainement d’autres orgues et d’autres monuments qui le mériteraient.

Traduction : Annett Jehmlich-Mander

VIDEO ÜBER DAS 3D-DOKUMENTATIONSPROJEKT IN PASSAU
VIDEO ABOUT THE 3D DOCUMENTATION PROJECT IN PASSAU
VIDÉO SUR LE PROJET DE DOCUMENTATION 3D À PASSAU

<https://www.youtube.com/watch?v=7TbqBZxmQDc>



LINKS | LIENS



<https://www.bistum-passau.de/die-domorgel-im-3d-scan>

<https://passau.orgelpunkt.com>



ABOUT ...

JÜRGEN SCRIBA

Jürgen Scriba studierte Physik und Informatik in Hamburg und promovierte in Experimentalphysik in München. Er ist selbstständig und bietet technische Dienstleistungen aus den Bereichen Elektrik, Elektronik und Dokumentation für den Orgelbau an. Im ISO Journal Nr. 73 finden Sie mehr über ihn und seine Arbeit.

Jürgen Scriba studied physics and computer science in Hamburg and obtained his PhD in experimental physics in Munich. He is self-employed and offers technical services in the fields of electricity, electronics and documentation for organ building. You can find out more about him and his work in ISO Journal No. 73.

Jürgen Scriba a étudié la physique et l'informatique à Hambourg et a obtenu un doctorat en physique expérimentale à Munich. Il est indépendant et propose des services techniques dans les domaines de l'électricité, de l'électronique et de la documentation pour les facteurs d'orgues. Vous trouverez plus d'informations sur lui et son travail dans le Journal ISO n° 73.

