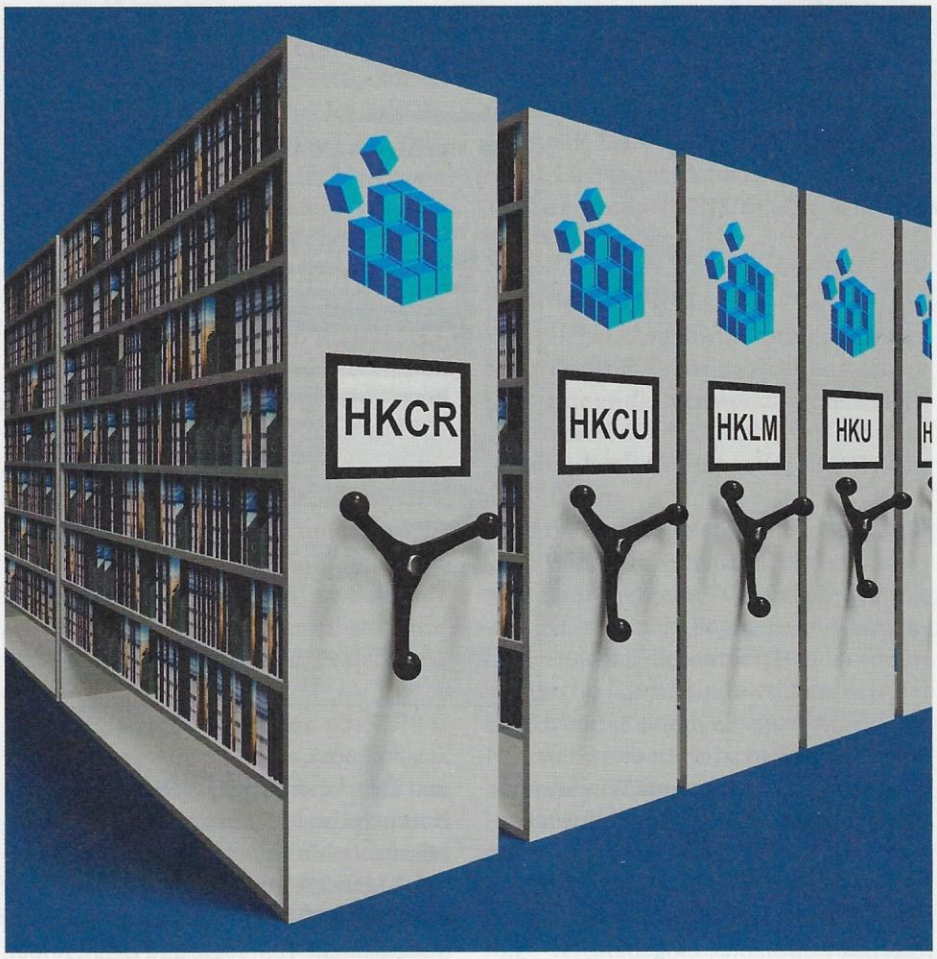


Bild: Andreas Martini

Registratur

Was Sie über die Windows-Registry wissen müssen

Auf Webseiten und in Computermagazinen – auch in c't – liest man immer mal wieder, dieses oder jenes Windows-Problem sei dadurch zu lösen, dass man einen Eintrag in der Registry ändere. Doch was ist die Registry überhaupt und wie kommt man an sie heran? Hier stehts.

Von Hajo Schulz

Außerhalb der Computerei steht das englische Wort „Registry" für eine Registratur oder eine Meldebehörde – und damit ist auch schon die Aufgabe der Registry in Windows ganz gut umrissen: Sie ist die zentrale Datenbank, die den Zustand und die Konfiguration des Systems und der installierten Software verwaltet. Microsoft nennt sie in der deutschen Dokumentation häufig „Registrierung" oder „Registrierdatenbank", aber im allgemeinen Sprachgebrauch haben sich diese Übersetzungen kaum durchgesetzt. Deshalb bleiben auch wir im Folgenden bei der englischen Bezeichnung.

Um die Windows-Registry ranken sich allerlei Mythen: Ihr überhaupt nahe zu kommen sei nur etwas für absolute Profis, und jeder unbedachte Klick führe unweigerlich zum Systemabsturz. Zugegeben: Sehr benutzerfreundlich kommt sie wirklich nicht daher und ja, es gibt Aktionen, die Sie besser unterlassen sollten, wenn Ihnen Ihr Windows lieb ist. Mit ein bisschen Grundlagenwissen stellt der Einstieg aber auch keine unüberwindliche Hürde dar.

Einsteigen

Ähnlich wie ein Dateisystem auf einem Massenspeicher ist die Registry hierarchisch aufgebaut: Die Rolle von Ordnern übernehmen sogenannte Schlüssel, die einerseits weitere Schlüssel enthalten und andererseits Werte speichern können. Werte sind sozusagen die Atome der Registry: Sie werden immer am Stück gelesen oder geschrieben.

Einem Wert ist immer ein Typ zugeordnet. Zu den verbreitetsten Typen gehören Zeichenfolgen (`REG_SZ`) und Ganzzahlen (`REG_DWORD`, eine 32-Bit-Ganzzahl zwischen 0 und 4.294.967.295). In Binärwerten (`REG_BINARY`) können Anwendungen beliebige Byte-Folgen speichern, die sie dann selbst interpretieren müssen. Der Vollständigkeit halber sei noch der Datentyp `REG_QWORD` für 64-Bit-Ganzzahlen erwähnt sowie die etwas unglücklich übersetzten „Werte der mehrteiligen Zeichenfolge" (`REG_MULTI_SZ`), die mehrere Zeichenfolgen auf einmal speichern können, und die „Werte der erweiterbaren Zeichenfolge" (`REG_EXPAND_SZ`): Eingebettete Umgebungsvariablen werden darin beim Auslesen durch ihren Wert ersetzt, also etwa „%SYSTEMROOT%\System32" als „C:\Windows\System32" zurückgeliefert.

Schlüssel und Werte tragen Namen, die innerhalb des jeweiligen Schlüssels eindeutig sein müssen; Klein- und Großbuchstaben werden dabei nicht unterschieden. Jeder Schlüssel enthält zudem einen Standard-Wert ohne Namen und vom Typ Zeichenfolge; er kann leer sein.

Ähnlich wie Ordner und Dateien in NTFS-Dateisystemen sind Registry-Schlüssel durch Zugriffsrechte geschützt. Die Rechte eines Schlüssels gelten automatisch auch für alle enthaltenen Werte.

Regedit

Als Werkzeug, mit dem man die Registry erkunden und ihre Inhalte ändern kann, bringt Windows den Registrierungs-Editor mit. Im Startmenü findet er sich links in der Liste aller Programme im Ordner „Windows-Verwaltungsprogramme". Wer

ihn häufig benutzt, kann ihn wie jedes andere Windows-Programm ans Startmenü oder die Taskleiste anheften. Alternativ lässt er sich mit der Eingabe von `regedit` in den Dialog hinter dem Tastenkürzel Windows+R starten.

Startet man den Registrierungs-Editor unter einem Benutzerkonto, das Mitglied der Gruppe der Administratoren ist, beschafft er sich über die Benutzerkontensteuerung volle Admin-Rechte. Er funktioniert aber auch unter einem eingeschränkten Konto, kann dann aber bestimmte Schlüssel und Werte nicht ändern.

Der Registrierungs-Editor präsentiert sich ähnlich dem Datei-Explorer in einer zweigeteilten Ansicht: Links gibt es die Struktur von Schlüsseln und Unterschlüsseln in einer Baumansicht. Wählt man einen Schlüssel aus, erscheint rechts eine Liste aller Werte in diesem Schlüssel. Schlüssel und Werte lassen sich – so es denn die Zugriffsrechte erlauben – mit F2 umbenennen und mit Entf löschen. Werte öffnet man mit einem Doppelklick auf den Namen zum Bearbeiten. Die Befehle zum Erstellen neuer Schlüssel und Werte stecken in dem Kontextmenü, das sich per Rechtsklick auf einen Schlüssel oder auf eine freie Stelle in der Werte-Ansicht öffnet. All diese Befehle finden sich auch noch einmal im „Bearbeiten"-Menü. Anders als der Datei-Explorer beherrscht Regedit keine Operationen, um Schlüssel oder Werte zu kopieren oder zu verschieben.

Wenn Sie eine direkte Manipulation in der Registry ausprobieren möchten, die Sie auf einer vertrauenswürdigen Webseite gelesen haben, ist die Eingabezeile direkt unter der Menüleiste recht praktisch: Hier können Sie einen woanders kopierten Schlüsselnamen einfügen und mit Enter direkt zu diesem Schlüssel springen. Darauf, dass der Name wie beim Navigieren per Mausklick mit „Computer\" beginnt, besteht Regedit dabei nicht und verdaut sowohl die ausgeschriebenen Namen der Wurzel-Schlüssel als auch die kurzen, von denen gleich die Rede sein wird.

Was ist wo?

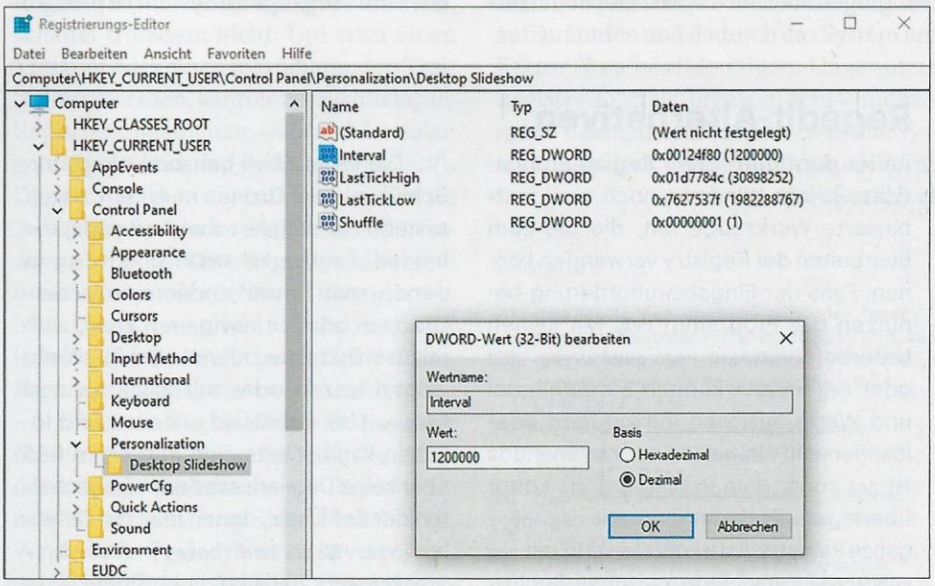
Öffnet man den Registrierungs-Editor zum ersten Mal, präsentiert er unter dem Wurzel-Eintrag „Computer" fünf Schlüssel der ersten Ebene: Unter `HKEY_CLASSES_ROOT` (wir werden diesen Schlüssel im Folgenden wie häufig in der Literatur mit `HKCR` abkürzen) finden sich die Einträge, die bekannten Dateitypen und -endungen die zuständigen Anwendungen zuweisen, sowie im System registrierte COM-Klassen (Component Object Model, ein Mechanismus zur Interprozesskommunikation). Der Schlüssel `HKEY_CURRENT_USER` (kurz `HKCU`) gehört dem Benutzer, unter dessen Konto Regedit gerade läuft; darunter können das System und Anwendungen benutzerspezifische Einstellungen und sonstige Daten ablegen.

Globale Anwendungs- und Systemeinstellungen sowie die Konfiguration von Treibern und Systemdiensten stecken in den Unterschlüsseln von `HKEY_LOCAL_MACHINE` (abgekürzt `HKLM`). In `HKEY_USERS` (`HKU`) finden sich die Current-User-Schlüssel aller gerade angemeldeten Benutzerkonten sowie die der Systemkonten „System" (S-1-5-18), „Lokaler Dienst" (S-1-5-19) und „Netzwerkdienst" (S-1-5-20). Schließlich speichert der Zweig unter `HKEY_CURRENT_CONFIG` (`HKCC`) Informationen zur aktuellen Hardware-Konfiguration.

Interessanterweise sind drei dieser Wurzeleinträge gar keine echten Registry-Schlüssel, sondern nur Verweise auf andere Orte innerhalb der Registrierung: `HKCC` residiert eigentlich unter `HKLM\System\CurrentControlSet\Hardware Profiles\Current`. `HKCU` ist eine Abkürzung zu jenem Schlüssel unter `HKU`, dessen Name der SID des aktuellen Benutzers entspricht – SID steht für „Security Identifier" und identifiziert Benutzerkonten überall dort im System, wo es um Zugriffsrechte geht. Ein ganz besonderes Pflänzchen ist der Schlüssel `HKCR`: Er setzt sich zusammen aus dem Inhalt von `HKLM\Software\Classes` und `HKCU\Software\Classes`. Bei Einträgen, die in beiden Zweigen existieren, hat `HKCU` Vorrang, neue Schlüssel oder Werte landen aber in `HKLM`.

Den Inhalt aller Schlüssel und Unterschlüssel zu beschreiben, die die Registry kennt, verbietet sich schon aus Platzgründen. Außerdem hängt der Umfang der gespeicherten Daten von der genauen Windows-Version, den aktivierten Systemfunktionen und installierter Nicht-Microsoft-Software ab. Einige prominente Ecken der Registry verdienen aber ein paar Bemerkungen.

Da wäre zum Beispiel der Aufbau der Unterschlüssel von `HKCR`: Alle Schlüssel, deren Namen mit einem Punkt beginnen, beschreiben einen Dateityp, allerdings meist nicht direkt. Vielmehr verweisen sie in der Regel auf einen weiteren Schlüssel, der dann beschreibt, wie Windows mit diesem Dateityp umgeht – ein Beispiel verdeutlicht das: Im Auslieferungszustand steht etwa im `(Standard)`-Wert des Schlüssels `HKCR\.txt`, also in dem für Dateien mit der Endung .txt zuständigen Eintrag, der Wert `txtfile`. Dieser verweist auf den Schlüssel `HKCR\txtfile`, der dann in weiteren Unterschlüsseln etwa das zu diesem Dateityp gehörende Explorer-Icon definiert (`DefaultIcon`) und bestimmt, welche Anwendung sich bei einem Doppelklick auf so eine Datei öffnet (`shell\open\command`). Woher der Explorer weitere Angaben zu diesem Dateityp nimmt, etwa



Der Registrierungs-Editor – oder kurz Regedit – ist das Standard-Werkzeug zum Erkunden und Bearbeiten der Registry. Links stellt er die Hierarchie der Schlüssel dar, rechts die Werte.

den Inhalt des Kontextmenüs oder die Einträge in der „Öffnen mit"-Liste, haben wir ausführlich in [1] beschrieben.

Die meisten Einstellungen speichern sowohl Windows als auch mitgelieferte und zusätzliche Programme in den Zweigen `HKCU\Software` und `HKLM\Software`. Deren Unterschlüssel sind per Konvention nach dem Schema `Hersteller\Programmname` benannt; bei der weiteren Strukturierung kocht jeder Hersteller sein eigenes Süppchen. Microsoft verwendet etwa für die Konfiguration von Windows die Schlüssel unter `...\Software\Microsoft\Windows\CurrentVersion`, einige Einträge stehen auch – wohl eher aus Tradition als aus technischen Gründen – in `...\Software\Microsoft\Windows NT\CurrentVersion`.

Wie oben schon kurz erwähnt, stecken die systemweit gültigen Daten in `HKLM`. Schreibrechte besitzen in diesem Ast aus gutem Grund nur Administratoren: Mit einer unbedachten Änderung in diesem Zweig ist eine Anwendung oder gar Windows selbst schnell unbrauchbar gemacht. Einige besonders sicherheitskritische Einstellungen behält Windows sogar dem Systemkonto oder dem Benutzerkonto „TrustedInstaller" vor, das etwa auch als einzige Instanz Systemdateien im Rahmen von Updates überschreiben darf.

Der Zweig `HKCU` gehört dagegen dem aktuellen Benutzer; er darf alles lesen, ändern oder löschen. Auch dabei ist allerdings ein bisschen Vorsicht geboten, denn manche Software reagiert ziemlich allergisch auf unvorhergesehene oder fehlende Einträge. In jedem Fall bleiben die Auswirkungen aber auf das aktuelle Benutzerkonto beschränkt: Meldet sich jemand unter einem anderen Konto an, bekommt er eine eigene Version des Zweiges `HKCU`.

Ex- und Import

Ein probates Mittel, um sich vor unerwünschten Nebenwirkungen von Eingriffen in die Registry zu schützen, sind Sicherungskopien der Schlüssel, in denen Sie Änderungen vornehmen wollen. Dazu bietet der Registrierungs-Editor den Befehl „Datei/Exportieren" an. Er fragt nach einem Dateinamen und schreibt dann den Inhalt des gerade ausgewählten und aller Unterschlüssel in eine Datei mit der Endung .reg. Sollte sich bei anschließenden Experimenten an Registry-Einträgen herausstellen, dass sie nicht die gewünschte Wirkung haben oder gar schädlich sind, können Sie die REG-Datei mit dem Regedit-Menübefehl „Datei/Importieren" oder einem einfachen Doppelklick auf die Datei im Explorer wieder importieren und so Ihre Änderungen rückgängig machen.

Ein paar Kleinigkeiten gibt es dabei allerdings zu beachten: REG-Dateien werden ziemlich groß, wenn Sie Ihren Export weit oben im Schlüsselbaum beginnen. Sie sollten auf diese Weise also nur Äste speichern, von denen Sie wirklich eine Sicherheitskopie brauchen – wenn Sie einen Schlüssel löschen wollen, setzen Sie das Backup aber besser eine Etage höher in der Hierarchie an. Etwa den kompletten `HKCU`-Zweig zu sichern ist auch noch aus einem anderen Grund nicht empfehlenswert: Etliche Registry-Einträge werden von Windows sehr oft neu geschrieben, etwa um Vorgänge im System zu protokollieren. Wenn Sie die beim Re-Import zurücksetzen, bringen Sie möglicherweise eine Systemfunktion aus dem Tritt. Schließlich stellt der Import einer REG-Datei zwar gelöschte und geänderte Einträge wieder her, löscht aber keine Schlüssel und Werte, die seit der Sicherung hinzugekommen sind.

Dem kann man aber mit einem Trick abhelfen: REG-Dateien bestehen aus reinem Text, lassen sich also mit jedem einigermaßen modernen Texteditor bearbeiten. Unicode sollte er aber beherrschen, denn die Dateien sind UTF-16-kodiert – auf das Windows-eigene Notepad trifft das zu. Ein exportierter Schlüssel sieht als Text beispielsweise wie folgt aus:

```
Windows Registry Editor Version 5.00

[HKEY_CURRENT_USER\SOFTWARE\Test]
"TheAnswer"=dword:0000002a

[HKEY_CURRENT_USER\SOFTWARE\Test\V1]
"LastCheck"="2021-07-12"
```

Auf die Kopfzeile, anhand derer der Registrierungs-Editor die Datei als gültig erkennt, folgen, beginnend beim obersten Schlüssel der exportierten Hierarchie, die Schlüssel in eckigen Klammern und jeweils direkt darunter die Werte in diesem Schlüssel. Beim Import arbeitet der Registrierungs-Editor die Zeilen auch in diese Reihenfolge ab. Sie können den Anfang der Datei nun folgendermaßen ändern:

```
Windows Registry Editor Version 5.00

[-HKEY_CURRENT_USER\SOFTWARE\Test]

[HKEY_CURRENT_USER\SOFTWARE\Test]
"TheAnswer"=dword:0000002a
...
```

Sie kopieren also den ersten Schlüsselnamen, fügen ihn gleich darüber, getrennt durch eine Leerzeile, noch einmal ein und schreiben hinter die öffnende eckige Klammer ein Minus-Zeichen. Das weist den Registrierungs-Editor an, den Schlüssel mit diesem Namen zu löschen und mit ihm auch alle enthaltenen Werte und Unterschlüssel. Danach folgt dann der ursprüngliche Inhalt, der die exportierte Struktur nun von Grund auf neu aufbaut.

In REG-Dateien können auch Zeilen enthalten sein, die Werte löschen. Sie sind nach dem Muster `"Löschmich"=-` aufgebaut; dem Wert wird einfach ein Minus-Zeichen

Regedit-Alternativen

Außer dem grafischen Registrierungs-Editor bringt Windows noch zwei textbasierte Werkzeuge mit, die Sie zum Bearbeiten der Registry verwenden können: Fans der Eingabeaufforderung benutzen das Programm `reg`. Mit seinen Unterbefehlen wie `reg query`, `reg add` oder `reg delete` können Sie Schlüssel und Werte auslesen, hinzufügen oder löschen. Mit einigen seiner Kommandos ist `reg` sogar dem Registrierungs-Editor überlegen: So kann man mit `reg copy` ganze Registry-Äste kopieren und mit `reg compare` Unterschiede zwischen Schlüsseln aufspüren. Details zu den einzelnen Befehlen verrät `reg /?`.

Die PowerShell behandelt Registry-Schlüssel wie Ordner in einem Dateisystem: Sie definiert standardmäßig die beiden „Laufwerke" `HKCU:` und `HKLM:`, in denen man unter anderem mit `Set-Location` oder `cd` navigieren kann, sich mit `Get-ChildItem` oder `dir` Schlüssel anzeigen lassen oder mit `New-Item` und `Remove-Item` Schlüssel erstellen und löschen kann. Werte sind in diesem Bild aber keine Dateien, sondern Eigenschaften der Schlüssel, denen man mit Befehlen wie `Get-ItemProperty` und `Set-ItemProperty` zu Leibe rückt. Einige Links zu relevanten Online-Dokumenten haben wir unter ct.de/ydxz zusammengestellt.

zugewiesen, aber ohne umschließende Anführungszeichen.

REG-Dateien sind nicht nur als Backup vor riskanten Experimenten zu gebrauchen, sondern etwa auch zur Dokumentation oder zur Fehlersuche: Exportieren Sie einen Schlüssel, in dem Sie eine Fehlkonfiguration vermuten, einmal aus einer einwandfrei laufenden Windows-Installation und einmal aus einer fehlerhaften, dann können Sie die beiden Versionen in einem Programm für Textvergleiche wie WinMerge (Download via ct.de/ydxz) nebeneinanderlegen und spüren Unterschiede schnell auf. Dieselbe Vorgehensweise funktioniert, um etwa den Machenschaften problematischer Installationsprogramme auf die Schliche zu kommen: Dazu exportieren Sie zentrale Bereiche wie die oben beschriebenen `CurrentVersion`-Schlüssel einmal vor und einmal nach der verdächtigen Installation. Dabei ist dann aber ein bisschen Instinkt gefragt: Meist finden sich auch Unterschiede, die mit dem eigentlich untersuchten Vorgang gar nichts zu tun haben.

Deshalb bietet sich für solche Fälle auch noch eine andere Vorgehensweise an: Besorgen Sie sich das kostenlose Microsoft-Tool Process Monitor und stellen Sie seine Filter so ein, dass Sie nur noch Zugriffe auf die Registry sehen, die von dem Programm stammen, um das es Ihnen geht. Der Arbeit mit dem Process Monitor haben wir vor einiger Zeit eine dreiteilige Artikelserie gewidmet [2, 3, 4].

Dateien

Beim Thema Sicherheitskopie könnte man auch auf die Idee kommen, einfach die Dateien zu sichern, in denen die Registry physisch auf der Festplatte residiert. Das ist aus mehreren Gründen nicht praktikabel: Zum einen besteht die Registry nicht nur aus einer oder fünf Dateien, sondern aus etlichen mehr – siehe die Tabelle auf dieser Seite. Zum anderen liegen die meisten Dateien im Ordner C:\Windows\System32\config, auf den man ohne Admin-Rechte gar keinen Zugriff hat, nicht mal zum Lesen. Selbst wenn man sich die erforderlichen Rechte besorgt, scheitert das Kopieren bei einigen der Dateien daran, dass Windows sie im laufenden Betrieb ständig exklusiv geöffnet hält – lesen, geschweige denn überschreiben verboten.

Selbst wenn man all diese Klippen etwa mit einem parallel installierten Zweit-Windows oder dem c't-Notfall-Windows umschiffen würde, stellt sich die Frage nach dem Sinn: Die in der Registry gespeicherten Informationen sind derart eng mit dem Zustand des Systems, installierten Anwendungen, Updates und Patches verwoben, dass eine Wiederherstellung allein der Registry mehr Probleme schafft als löst. Wer regelmäßig ein Komplett-Backup der Registry haben möchte, sollte Nägel mit Köpfen machen und das Systemlaufwerk per System-Image sichern, beispielsweise mit unserem Tool c't-WIMage [5]. Ein Image schützt selbst dann, wenn man die Registry so weit kaputt gespielt hat, dass Windows gar nicht mehr startet – eine REG-Datei hilft dann nicht, weil ohne Windows ja auch der Registrierungs-Editor nicht läuft, den man zum Importieren braucht.

Zu wissen, in welchen Dateien – Microsoft nennt sie Hive-Dateien – die Registry auf der Festplatte gespeichert ist, schadet trotzdem nicht: Um etwa einen Trojaner oder einen marodierenden Treiber loszuwerden, kann es nützlich sein, die Registry zu bearbeiten, während das dazugehörige Windows gerade nicht läuft. Dazu startet man ein parallel installiertes Zweit-Windows oder das c't-Notfall-Windows, öffnet dort den Registry-Editor und markiert einen der Schlüssel `HKLM` oder `HKU`. Mit dem Menübefehl „Datei/Struktur laden“ öffnet man die gewünschte Datei. Regedit fragt nach einem Schlüsselnamen – den können Sie beliebig wählen; unter diesem Namen hängt Regedit die Datei daraufhin in die bestehende Registry ein und Sie können ihren Inhalt bearbeiten. Wenn Sie fertig sind, bitte nicht vergessen, den eingehängten Ast über „Datei/Struktur entfernen“ wieder zu entladen. Damit stellen Sie sicher, dass alle Änderungen wirklich auf dem Datenträger landen und dass der fremde Ast in diesem Windows keine Nebenwirkungen mehr entfalten kann.

Dateien der Registry

Registry-Schlüssel	Datei	Zweck
HKCU	C:\Users\<Kontoname>\ntuser.dat	Benutzerspezifische Daten und Einstellungen
HKCU\Software\Classes	C:\Users\<Kontoname>\AppData\Local\Microsoft\Windows\usrClass.dat	Benutzerspezifische Dateitypen und COM-Klassen
HKLM\BCD00000000	[UEFI-Partition]\EFI\Microsoft\Boot\BCD[1]	Boot-Konfiguration
HKLM\HARDWARE	– (Wird zur Laufzeit dynamisch erzeugt)	Informationen zu angeschlossener Hardware
HKLM\SAM	C:\Windows\System32\config\SAM	„Security Accounts Manager“: Anmeldenamen, Kennwort-Hashes etc.
HKLM\SECURITY	C:\Windows\System32\config\SECURITY	Sicherheitsrichtlinien und Benutzerrechte
HKLM\SOFTWARE	C:\Windows\System32\config\SOFTWARE	Systemweit geltende Daten und Einstellungen
HKLM\SYSTEM	C:\Windows\System32\config\SYSTEM	Konfiguration von Treibern und Diensten
HKU\.DEFAULT	C:\Windows\System32\config\DEFAULT	Daten und Einstellungen des Kontos „Lokales System“
HKU\S-1-5-18	C:\Windows\System32\config\DEFAULT	Daten und Einstellungen des Kontos „Lokales System“
HKU\S-1-5-19	C:\Windows\ServiceProfiles\LocalService\ntuser.dat	Daten und Einstellungen des Kontos „Lokaler Dienst“
HKU\S-1-5-20	C:\Windows\ServiceProfiles\NetworkService\ntuser.dat	Daten und Einstellungen des Kontos „Netzwerkdienst“

[1] mit Legacy-BIOS: [Boot-Partition]\Boot\BCD

Fazit

Auch wenn die Bedienoberfläche des Registrierungs-Editors auf den ersten Blick nicht besonders einladend aussieht: Angst muss man beim Umgang mit ihm nicht haben. Vor allzu unbedachtem Herumfrickeln an der Registry sei aber gewarnt: Schnell hat man sich sein System so kaputt konfiguriert, dass nichts mehr geht. Wohl dem, der vor Experimenten Sicherheitskopien der betroffenen Registry-Äste, besser noch eine Komplettsicherung per Image angelegt hat.

Genauso bedenklich wie eigene Experimente aufs Geratewohl sind übrigens angebliche Registry-Säuberer und ähnliche Tools, die versprechen, in der Registry aufzuräumen und dadurch das System um Faktor X zu beschleunigen: Ungenutzte Registry-Einträge bremsen kein Windows mess- oder gar spürbar aus – was das System nicht liest, verschwendet auch keine Zeit. *(hos@ct.de)* ct

Literatur

[1] Hajo Schulz, Wunschgemäß verbunden, Dateitypen verwalten unter Windows, c't 26/2017, S. 164

[2] Axel Vahldiek, Unter dem Mikroskop, Windows analysieren mit dem Process Monitor – Teil 1, c't 16/2017, S. 148

[3] Axel Vahldiek, Schärfer stellen, Windows analysieren mit dem Process Monitor – Teil 2, c't 17/2017, S. 154

[4] Hajo Schulz, Noch mehr Durchblick, Windows analysieren mit dem Process Monitor – Teil 3, c't 18/2017, S. 162

[5] Axel Vahldiek, Ersatzrad, c't-WIMage erstellt Windows-Backups, c't 10/2021, S. 18

Tool-Downloads, Online-Doku:
ct.de/ydxz